



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-084291
 (43)Date of publication of application : 26.03.1999

(51)Int.Cl.

G02B 26/10
 G02B 26/10
 H04N 1/113

(21)Application number : 09-246637

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 11.09.1997

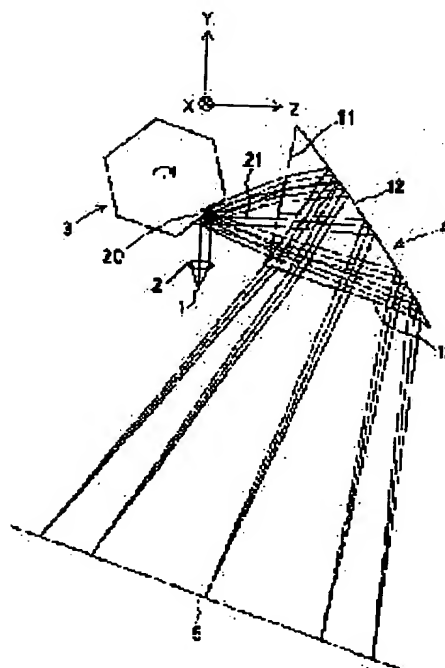
(72)Inventor : TAKAHASHI KOICHI

(54) SCANNING OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a scanning optical system which has a large scanning angle, can form a light beam performing uniform motion, can attain telecentric characteristic, and whose image formation performance is high.

SOLUTION: As to this scanning optical system having a light deflector 3 which has operation for deflecting light along one scanning direction on a scanning object surface 5, and an optical member 4 which is arranged between the deflector 3 and the surface 5, by which a pupil surface 20 is nearly aligned with the deflector 3, and an image surface is nearly aligned with the surface 5; the member 4 includes at least one reflection surface 12 giving positive power to a luminous flux, and the surface 12 is formed of an irrotational symmetric surface which has operation for correcting eccentric aberration and does not have a rotational symmetric axis inside and outside the surface.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

 CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The reflector is scan optical system characterized by being formed in nonrotation plane of symmetry which has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface with an operation which amends eccentric aberration outside including at least one reflector which is characterized by providing the following and where said optical member gives positive power to the flux of light in scan optical system. A light deflector with an operation which deflects light along one scanning direction on a field for a scan at least An optical member which made said field for a scan carry out abbreviation coincidence of the image surface while being arranged between said light deflector and said field for a scan and making said light deflector carry out abbreviation coincidence of the pupil surface

[Claim 2] It has the following. One [at least] field of said reflector and said transparency side A light deflector with an operation which deflects light along one scanning direction on a field for a scan at least characterized by being formed in nonrotation plane of symmetry which has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface with an operation which amends eccentric aberration outside, Scan optical system with an optical member which made said field for a scan carry out abbreviation coincidence of the image surface while being arranged between said light deflector and said field for a scan and making said light deflector carry out abbreviation coincidence of the pupil surface. For a refractive index (n), said optical member is [said prism member] a reflector with an operation in which the flux of light in prism is reflected at least including a prism member in which it was formed by larger ($n > 1$) medium than 1. A transparency side which had incidence or the operation to inject for the flux of light in prism at least

[Claim 3] In scan optical system characterized by providing the following said optical member A refractive index (n) inserted into at least three fields with an echo or an optical operation of transparency and three fields of those contains a prism member which has a larger ($n > 1$) medium than 1. While being formed in a reflector in which at least one field had the operation which reflects the flux of light in prism in said three fields Combine reflex action and a transparency operation and ** is also constituted like so that a clinch optical path to which a field by which opposite arrangement is carried out on both sides of said reflector and medium had the operation which folds up an optical path between said reflectors may be formed. Furthermore, it is the scan optical system characterized by forming inside of said three fields, and the 1st [at least] page in nonrotation plane of symmetry which has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface with an operation which amends eccentric aberration outside. A light deflector with an operation which deflects light along one scanning direction on a field for a scan at least An optical member which made said field for a scan carry out abbreviation coincidence of the image surface while being arranged between said light deflector and said field for a scan and making said light deflector carry out abbreviation coincidence of the pupil surface

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to the scan optical equipment and the image display device using the scan optical system which deflects light with deflecting system, and it about scan optical system.

[0002]

[Description of the Prior Art] There is a thing of patent No. 2,604,513 as one of what [the] has the **** former of scan optical system. This scan optical system makes the light beam from the light source condense only in the direction of vertical scanning in the 1st image formation optical system, and deflects a light beam with deflecting system, and a tele cent rucksack is made to irradiate a scan-layer-ed top to it according to the 2nd image formation optical system constituted by the before side lens group near the deflecting system, and the backside lens group near the scan layer-ed.

[0003] Moreover, the thing of JP,9-127410,A is one of those have everything [****] but scan optical system. This scan optical system consists of three groups, and it is constituted by the lens which has the toroidal side where the meniscus lens and the 2nd group in which the 1st group has a deformation toroidal side have a positive lens, and the 3rd group has the length of the swath width of an abbreviation scan layer.

[0004] Moreover, the thing of these people's JP,7-218849,A is one of those have the **** former of the image display device which carries out the deflection scan of the light and is projected on an observer's eyeball. This image display device deflects the light injected from the light emitting device of a one dimensional array with deflecting system, and projects it on an observer's eyeball.

[0005] Moreover, the thing of JP,4-168475,A and U.S. Pat. No. 5,003,300 is shown in the image display device which carries out the deflection scan of the other light, and is projected on an observer's eyeball.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in patent No. 2,604,513 and JP,9-127410,A, three or more sheets are used as an optical element which constitutes optical system. Therefore, since there are many optical elements, the process of assembly becomes complicated and becomes the high thing of cost. Furthermore, since the very big lens is arranged just before a scan layer, the whole optical system will become big.

[0007] Moreover, in the image display device indicated by above-mentioned JP,7-218849,A, JP,4-168475,A, and U.S. Pat. No. 5,003,300, there is description only with the optical system which has the operation which carries out image formation of the light beam in a scan layer, and the concrete feature in scan optical system is not indicated.

[0008] This invention is made in view of such a condition of the conventional technology. The object The scan characteristic which has a very large scan angle though the scan optical system constituted by one optical element is used, and is decided by the property of the deflecting system which is the feature of scan optical system is amended good, Namely, it is possible to form the light beam which is not concerned with the class of deflecting system but carries out

uniform motion on a scan layer. Moreover, it is also possible to attain tele cent rucksack nature required for highly precise drawing, and it is having the above-mentioned property not only in a 1-dimensional scan but in a two-dimensional scan field, and offering the high scan optical system of the image formation engine performance further.

[0009]

[Means for Solving the Problem] Scan optical system of this invention for attaining the above-mentioned object A light deflector with an operation which deflects light along one scanning direction on a field for a scan at least, In scan optical system with an optical member which made said field for a scan carry out abbreviation coincidence of the image surface while being arranged between said light deflector and said field for a scan and making said light deflector carry out abbreviation coincidence of the pupil surface Said optical member is characterized by forming the reflector including at least one reflector which gives positive power to the flux of light in nonrotation plane of symmetry which has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface with an operation to which eccentric aberration is amended outside.

[0010] A light deflector in which another scan optical system of this invention had the operation which deflects light along one scanning direction on a field for a scan at least, In scan optical system with an optical member which made said field for a scan carry out abbreviation coincidence of the image surface while being arranged between said light deflector and said field for a scan and making said light deflector carry out abbreviation coincidence of the pupil surface Said optical member contains a prism member in which a refractive index (n) was formed by larger ($n > 1$) medium than 1. Said prism member It has a reflector with an operation which reflects the flux of light in prism at least, and a transparency side which had incidence or the operation to inject for the flux of light in prism at least. One [at least] field of said reflector and said transparency side is characterized by being formed in nonrotation plane of symmetry which has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface with an operation which amends eccentric aberration outside.

[0011] A light deflector with an operation of this invention which another scan optical system makes deflect light along one scanning direction on a field for a scan at least further, In scan optical system with an optical member which made said field for a scan carry out abbreviation coincidence of the image surface while being arranged between said light deflector and said field for a scan and making said light deflector carry out abbreviation coincidence of the pupil surface A refractive index (n) inserted into at least three fields in which said optical member had an echo or an optical operation of transparency, and three fields of those contains a prism member which has a larger ($n > 1$) medium than 1. While being formed in a reflector in which at least one field had the operation which reflects the flux of light in prism in said three fields Combine reflex action and a transparency operation and ** is also constituted like so that a clinch optical path to which a field by which opposite arrangement is carried out on both sides of said reflector and medium had the operation which folds up an optical path between said reflectors may be formed. Furthermore, the 1st [at least] page is characterized by being formed in nonrotation plane of symmetry which has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface with an operation which amends eccentric aberration outside in said three fields.

[0012] A reason and an operation which take the above configurations in this invention below are explained. Scan optical system of this invention is illustrated to drawing 1 . drawing 1 — setting — a scan — an optical element — four — an optical axis — 21 — receiving — eccentricity — carrying out — **** — a postscript — carrying out — (— a —) — a formula — giving a definition — having — nonrotation — being symmetrical — the aspheric surface — it is — a free sculptured surface — from — becoming — the 2nd pages of the 1st pages of 12 and space which consists of 13 the 3rd page and is constituted by these 3 page 11-13 are 11 and the eccentric prism with a larger

[0013] By collimator 2, light which injected a actual beam-of-light path from the light source 1 turns into abbreviation parallel light, and carries out incidence to deflecting system 3. In the case of drawing 1 , it is the polygon scanner which is the revolution polyhedron which is carrying out constant-angular-velocity motion, and a deflection scan is carried out by the reflector to rotate, the 1st page of deflecting system 3 is refracted by 11, and it carries out incidence of the

incident light to the scan optical element 4. Internal reflection of the 2nd page of the light which carried out incidence to the scan optical element 4 is carried out by 12, it is refracted by 13 the 3rd page after the internal reflection, is injected from the scan optical element 4, on a scan layer 5, condenses and is scanned.

[0014] System of coordinates used in the following explanation are explained. As shown in drawing 1, a polygon mirror reflective location when irradiating a scan center is made into entrance pupil 20 location of the scan optical element 4. A shaft within an eccentric side of each field which a shaft top chief ray which arrives at a center of a scan layer 5 through entrance pupil 20 center injects a pupil 20, sets the Z-axis as the shaft 21 of the scan optical element 4 defined by straight line until the 1st page intersects 11, and intersects perpendicularly with this Z-axis, and constitutes the scan optical element 4 is defined as a Y-axis. Moreover, the X-axis is set as a shaft which intersects perpendicularly with an optical axis 21, and intersects perpendicularly with a Y-axis.

[0015] Scan optical system by this invention can make small aberration generated compared with refractive media according to a reflector which bends an optical path of optical system, and uses the whole equipment as a compact, and has positive power by using a reflector which has positive power at least. Moreover, eccentric aberration is amended good by considering as nonrotation plane of symmetry which prevents interference of deflecting system and a scan layer and has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface outside further by carrying out eccentricity of the reflector to an optical axis.

[0016] Now, by spherical-lens system generally used with a camera etc., it has composition which amends aberration, such as spherical aberration generated in the spherical surface, comatic aberration, and a curvature of field, in respect of others. Then, by using the aspheric surface for a field to constitute, various aberration generated in this lens system is lessened, and it becomes possible to lessen the number of pages to constitute. This is because the effect of aberration amendment in the aspheric surface is greatest, and is because the aberration amendment effect of several spherical surfaces is acquired by the 1st page.

[0017] on the other hand, it inclined to an optical axis like scan optical system of this invention - it is - it is - in optical system using a field which carried out eccentricity, aberration by eccentricity which cannot be amended occurs in the conventional symmetry-of-revolution aspheric surface. Aberration generated with eccentricity has comatic aberration, astigmatism, image distortion, a curvature of field, etc.

[0018] This invention constitutes a scan optical element which irradiates light injected from the light source in an exposure side from eccentric prism which consisted of the 2nd [at least] page, and in order to amend many aberration by the above-mentioned eccentricity simultaneous and good, a free sculptured surface or an anamorphic side which is a field symmetrical with nonrotation is being used for it.

[0019] Here, a free sculptured surface used in scan optical system of this invention is defined by the following formulas. The Z-axis of the definition type turns into a shaft of a free sculptured surface.

$$Z = C2 + C3 y + C4 x + C5 y^2 + C6 yx + C7 x^2 + C8 y^3 + C9 y^2 x + C10 yx^2 + C11 x^3 + C12 y^4 + C13 y^3 x + C14 y^2 x^2 + C15 yx^3 + C16 x^4 + C17 y^5 + C18 y^4 x + C19 y^3 x^2 + C20 y^2 x^3 + C21 yx^4 + C22 x^5 + C23 y^6 + C24 y^5 x + C25 y^4 x^2 + C26 y^3 x^3 + C27 y^2 x^4 + C28 yx^5 + C29 x^6 + C30 y^7 + C31 y^6 x + C32 y^5 x^2 + C33 y^4 x^3 + C34 y^3 x^4 + C35 y^2 x^5 + C36 yx^6 + C37 x^7 \dots \dots (a)$$

However, the amount of gaps from a tangential plane [as opposed to a zero of a field configuration in Z] and C_m (m is two or more integers) are coefficients.

[0020] Moreover, as for a page [which has a revolution unsymmetrical side configuration which carried out eccentricity / 1st / at least] reflex action side, in scan optical system of this invention, it is desirable to use a field symmetry free sculptured surface which has one plane of symmetry. Generally, a free sculptured surface expressed with the above-mentioned formula (a) turns into a Y-Z side (field of drawing 1), and a free sculptured surface where only one parallel plane of symmetry exists by setting all of the oddth term of x to 0 by this invention, although a X-Z side and a Y-Z side do not have plane of symmetry. For example, in the above-mentioned definition type (a), it is possible by setting a coefficient of each term of C4, C6, C9, C11, C13,

C15, C18, C20, C22, C24, C26, C28, C31, C33, C35 and C37, and ... to 0.

[0021] Moreover, it becomes a X-Z side and the free sculptured surface where only one parallel plane of symmetry exists by setting all of the oddth term of y to 0. In the above-mentioned definition type (a), are possible by setting a coefficient of each term of C3, C6, C8, C10, C13, C15, C17, C19, C21, C24, C26, C28, C30, C32, C34 and C36, and ... to 0. For example, again It becomes possible by having the above plane of symmetry to improve fabrication nature.

[0022] a revolution generated with eccentricity by making either of the plane of symmetry parallel to the above-mentioned Y-Z side, and parallel plane of symmetry and a X-Z side into plane of symmetry — it becomes possible to amend unsymmetrical aberration effectively. It cannot be overemphasized that the above-mentioned definition type is shown as one example, and the same effect is acquired to any of other definition types.

[0023] Moreover, an anamorphic side used in scan optical system of this invention is defined by the following formulas. The Z-axis of the definition type turns into a shaft of an anamorphic side.

$$Z = (CX \cdot x^2 + CY \cdot y^2) / [1 + \{1 - (1 + K_x) CX^2 \cdot x^2 - (1 + K_y) CY^2 \cdot y^2\}^{1/2}] + \sum_{n=2} R_n \{ (1 - P_n) x^2 + (1 + P_n) y^2 \}^n \dots (b)$$

However, for the amount of gaps from a tangential plane to a zero of a field configuration, and CX, X shaft-orientations curvature and CY are [Z] Y shaft-orientations curvature and Kx, X shaft-orientations constant of the cone and Ky Y shaft-orientations constant of the cone and Rn are an aspheric surface term symmetry-of-revolution component and Pn. It is an aspheric surface term revolution unsymmetrical component.

[0024] If n= 4 (4th term) is considered as an example $Z = (CX \text{ and } x^2 + CY - y^2) / [1 + \{1 - (1 + K_x) CX^2 \text{ and } x^2 - (1 + K_y) CY^2, \text{ and } y^2\}^{1/2}]$

+ R1 [(1-P1) x2+(1+P1) y2] 2 +R2[(1-P2) x2+(1+P2) y2] 3 +R3[(1-P3) x2+(1+P3) y2] 4 +R4[(1-P4) x2+(1+P4) y2] 5 ... (c)

In addition, with a configuration parameter of an example which carries out a postscript, it is Rx : X shaft-orientations radius of curvature Ry : Y shaft-orientations radius of curvature is used, and it has a relation of Rx =1/CX and Ry =1/CY among curvatures CX and CY.

[0025] Since space in which the scan optical element 4 of this invention was formed by the 2nd [at least] page (it sets for an example shown in drawing 1 , and is the 3rd page) is filled with an optical medium with a larger (for example, 1.5) refractive index than 1, in case incidence of the 1st page of the light injected from an entrance pupil 20 is carried out to the scan optical element 4 from 11, it is refracted according to a Snell's law. Therefore, since the 1st page of light injected at a certain angle is refracted in 11 and incidence is carried out to the scan optical element 4, it becomes possible [a thing which have the positive power with main optical system and for which the 2nd page of 12 or the beam-of-light high which carries out incidence to 13 the 3rd page is set up low]. Therefore, big numerical aperture (NA) is realizable for constituting optical system in a compact, and coincidence.

[0026] Below, work of each side is explained.

(Plane of incidence) In scan optical system of this invention, a thing which is a transparency side and for which 11 [page / 1st] is made into a convex to an entrance pupil 20 is important. eccentric prism whose beam of light injected from the entrance pupil 20 which is the reflective location of the polygon mirror 3 is the scan optical element 4 — incidence of the 1st page is refracted and carried out to 11. It can stop low the beam-of-light high this high shaft outdoor daylight line that will have positive power if 11 [page / 1st] is a convex, and was injected with a big field angle from an entrance pupil 20 is a reflector and which carries out incidence to 12 the 2nd page. Therefore, while securing a large field angle, small lightweight optical system is realizable. Furthermore, a subordination beam of light in the flux of light on an optical axis or which the flux of light of an axial outdoor daylight bunch will stop low the 2nd page of the beam-of-light high in 12 similarly, and an effect which amends comatic aberration generated in the

reflector 12 which carried out eccentricity to an optical axis good produces it.

[0027] (Reflector) it can set having the main positive power in scan optical system of this invention to drawing 1 (example 1) which has an operation of a concave mirror — the 2nd page can be set to 12 or drawing 4 (example 4) — the 3rd page is 13. Whether eccentricity is carried out to a shaft top chief ray, and since this field inclines and is arranged, comatic aberration generates it on a shaft. Moreover, aberration, such as astigmatism by eccentricity and distortion, is generated similarly. It becomes possible to be set up appropriately and to amend asymmetry within a Y-Z side by considering as the aspheric surface which carried out eccentricity of 12 [page / 2nd], or considering as the nonrotation symmetry aspheric surface which carried out eccentricity to comatic aberration by eccentricity. Moreover, it becomes possible to change appropriately power within a X-Z side which is a field which intersects perpendicularly with power and a Y-Z side within a Y-Z side, and to amend it by considering as the aspheric surface symmetrical with nonrotation, for amendment of the astigmatic difference generated also on a shaft. Furthermore, distortion by eccentricity becomes possible [the 3rd page of an inclination of a field being appropriately set up according to a difference beam-of-light high / in 13 /, and amending] by setting a reflector as the above-mentioned free sculptured surface (free sculptured surface symmetrical with nonrotation which neither of specifically has a symmetry axis of rotation inversion a field inner surface outside).

[0028] (Injection side) Generating of comatic aberration by eccentricity can be suppressed again by constituting 12 [page / 2nd] from a free sculptured surface (free sculptured surface symmetrical with nonrotation which neither of specifically has a symmetry axis of rotation inversion a field inner surface outside). When the 1st page of a beam of light carries out a refraction operation by 11, this is inclining and arranging a field to a shaft top chief ray, and is because it becomes possible to amend comatic aberration by eccentricity. Furthermore, in this invention, 12 [page / 2nd] (drawing 4) is also a field facing a scan layer 5. Generating of image distortion can be amended by [which is a refracting interface close to a scan layer 5] making 12 [page / 2nd] into a free sculptured surface. Since a refracting interface approaches a scan layer 5 and is arranged, this is for giving a result good for amending image distortion, without worsening other aberration.

[0029] Another scan optical system of this invention is shown in drawing 4 . However, in drawing 4 , a graphic display of a polygon mirror which is the deflecting system 3 arranged at about 20 entrance pupil of the scan optical element 4, and the 1 collimator light source 2 (drawing 1) is excluded, and only the scan layer 5 which are the scan optical element 4 and its image surface is illustrated.

[0030] In drawing 4 , space of the scan optical element 4 which is the field which is a field as for which light injected from the light source 1 carries out incidence, and which has the 1st page of 11, and its reflex action which countered 11 1st page and transparency operation, which is 12 and a reflector the 2nd page and which is constituted by 13 [page / 3rd] and be constituted by these 3 page 11-13 is the eccentric prism with a larger refractive index which it comes to fill with a transparent medium optically than 1. a configuration of each field which constitutes the scan optical element 4 in drawing 4 — the 1st — page 11 and the 2nd — page 12 and the 3rd — page 13 — a revolution expressed with both the aforementioned (a) formulas — it is the free sculptured surface which is the unsymmetrical aspheric surface.

[0031] light from an entrance pupil 20 of a actual beam-of-light path is the plane of incidence of the scan optical element 4 — incidence of the 1st page is carried out from 11, and internal reflection of the 2nd page is carried out by 12. Under the present circumstances, angle of reflection in the field St which scan light injects is set up so that it may become beyond a critical angle, and it will carry out total reflection in the field St of 12 the 2nd page. On the other hand, in the portion Co which scan light does not inject, since light reflected by angle of reflection smaller than a critical angle also exists, coating with high reflection factors, such as aluminum, is performed to the front face. After carrying out internal reflection of the 2nd page by 12, it is reflected by the 3rd page in 13, and the 2nd page is again refracted in 12, it injects from the scan optical system 4, and a scan layer 5 is scanned.

[0032] moreover, scan optical system of this invention is shown in the after-mentioned example

4 -- as -- a tele cent -- a rucksack scan is possible. Therefore, when it uses as objects for writing, such as a laser beam printer, for example, even if a scan location changes with the oscillations of a photoconductor drum which is a scan layer, location fluctuation of a scan spot is abbreviation zero, and high definition description is possible for it. Moreover, when capturing an image on a scan layer, even if a gap of the direction of an optical axis is between an image to capture and scan optical system similarly, location fluctuation of a scan spot serves as abbreviation zero, and that of incorporation of a high definition image is possible.

[0033] In that case, when a chief ray inclination of deflection light to a normal of a scan layer is set to $\gamma \leq 5$ degrees ... (1-1),

When fulfilling becoming conditions performs high definition writing, it is important. If the chief ray inclination γ of deflection light becomes large exceeding 5 degrees of the above-mentioned conditions, location fluctuation of a scan spot which happens by gap of the direction of an optical axis of a scan layer will become large, and high definition image drawing will become difficult.

[0034] Further $\gamma \leq 2$ degrees ... (1-2)

It is desirable to fulfill becoming conditions.

[0035] To moreover, a $\gamma \leq 1$ degree ... (1-3)

It is more desirable to fulfill becoming conditions.

[0036] by the way, the 2nd which is the injection side of the scan optical element 4 in the case of the examples 4 and 5 (drawing 4 , drawing 5) which carry out a postscript -- page 12 It has reflex action which carries out internal reflection of the light injected from the light source to 3rd page 13 side, and a transparency operation injected to a scan layer 5 after the 3rd page reflects by 13. In the Co section shown in drawing 4 , since a transparency field and a reflective field do not lap, reflective coating may be given. Therefore, it is unnecessary in conditions to angle of reflection of light in the field Co. However, in the St section of drawing 4 , since a transparency field and reflective fields overlap, reflective coating cannot be given. Therefore, since internal reflection in a field to which this transparency field and reflective fields overlap needs to consider as total reflection, as for angle of reflection, beyond a critical angle is needed.

[0037] That is, when a refractive index of a medium of theta and optical system is set to n for angle of reflection of light in the St section $\theta > \sin^{-1}(1/n)$... (2),

It becomes important to fulfill becoming conditions.

[0038] By setting up as mentioned above, a thing of a field where an internal reflection side [in / in a beam of light injected from the light source / the scan optical element 4] and a injection side injected from the scan optical element 4 are the same for which the 2nd page is constituted from 12 acts effective in a miniaturization of scan optical system, low-cost-izing, and formation of an extensive field angle. Since a reflector to reflect and a injection side injected from the scan optical element 4 are constituted from the 1st page after a beam of light injected from the light source carries out incidence to the scan optical element 4, an operation in two fields will be performed by the 1st page. Therefore, it is possible for the number of pages which constitutes optical system to be reduced, and to make a manufacturing cost low.

[0039] Furthermore, by performing the 2nd page of an echo and injection simultaneously by 12, a large field angle is attained and it becomes possible to amend aberration by eccentricity effectively. The more an incident angle of a beam of light which carries out incidence to a concave mirror generally becomes large, the more comatic aberration by eccentricity occurs greatly. It is seldom necessary to enlarge an angle which is the reflector which is the 1st time since it becomes unnecessary to separate a reflector and a injection side, which are 12 and the 2nd reflector the 2nd page and which 13 [page / 3rd] makes, and with constituting a reflector and a injection side from the 1st page, the 2nd page, since 12 is also a injection side, it can approach 13 the 3rd page and can be arranged. Therefore, enlarging the 3rd page of angle of reflection of 13 not much is lost, and it becomes possible to reduce generating of eccentric aberration in 13, especially comatic aberration the 3rd page.

[0040] Moreover, as for 12, it is desirable that it is a concave surface to a scan layer 5 the 2nd page. Light injected from an entrance pupil 20 needs to carry out the 2nd page of total reflection in a part of 12. If the 2nd page of a configuration of 12 is a concave surface to a scan layer 5,

since a large internal reflection angle can be taken, it acts in favor of total reflection.

[0041] furthermore, eccentricity of 12 [page / 2nd] was carried out to an optical axis — it is — it is — it is desirable that it is the leaning aspheric surface. each field constituted in scan optical system of this invention as shown in drawing 4 — an optical axis — receiving — eccentricity — or it leans. Therefore, aberration by eccentricity will occur greatly in each field. In this case, it acts in favor of amendment of aberration by eccentricity by setting up 12 [page / 2nd] so that it may have unsymmetrical power in a Y-Z side (inside of a field of drawing 4).

[0042] furthermore, eccentricity of 12 [page / 2nd] was carried out to an optical axis — it is — it is — it is desirable that it is the leaning aspheric surface symmetrical with nonrotation.

According to the aspheric surface symmetrical with nonrotation, it becomes possible to set up the asymmetry of power within a Y-Z side more appropriately. Therefore, it becomes possible to amend aberration by eccentricity much more good.

[0043] Still more preferably, when optic fabrication nature is taken into consideration, as for the number of pages of free sculptured surfaces used as the aspheric surface symmetrical with nonrotation, it is desirable to make it necessary minimum. Then, it becomes possible to raise fabrication nature by making at least one field into a flat surface, the spherical surface, or a symmetry-of-revolution side that carried out eccentricity in a field which constitutes the scan optical element 4.

[0044] And in scan optical system of this invention, it has a symmetry axis of rotation inversion for a configuration of a field which constitutes the scan optical element 4 neither the inside of the field, nor field outside, but, moreover, is considering as a free sculptured surface which has one plane of symmetry. This is because an image of a scan layer 5 can also be made into symmetry on both sides by the ability making the Y-Z side into plane of symmetry and an effort of aberration amendment can reduce them substantially by considering as a free sculptured surface where a Y-Z side which is a field including the eccentric direction of a field arranged by carrying out eccentricity turns into plane of symmetry when system of coordinates are taken like drawing 1 .

[0045] In addition, all reflectors that have reflex action, such as a total reflection side, a mirror coat side, and a transfective reflector, are included in a reflector which has reflex action in this invention.

[0046] A polygon mirror which carries out constant-angular-velocity motion as deflecting system 3 in scan optical system of arrangement like drawing 1 in a place, or a galvanomirror which carries out sinusoidal vibration is used. When using a polygon mirror, it is Y_a about image quantity on a scan layer 5. It is θ_a about a deflection angle carry out and according to a polygon mirror. If it carries out, it is f_a about a focal distance of the scan optical element 4. When carrying out $Y_a = f_a \times \theta_a \dots (3)$,

When it is necessary to satisfy a becoming f - θ property and uses a galvanomirror, it is Y_b about image quantity on a scan layer 5. It is θ_b about a deflection angle carry out and according to a polygon mirror. It carries out and is f_b about a focal distance of the scan optical element 4. When carrying out $Y_b = f_b \times \sin^{-1}\theta_b \dots (4)$,

It is necessary to satisfy a becoming f - $\arcsin\theta$ property.

[0047] Ideal image quantity on a scan layer 5 is set to Y (Above Y_a or Y_b) in these cases. When set a deflection angle of deflecting system 3 to θ (the above-mentioned θ_a or θ_b), a focal distance of the scan optical element 4 was set to f (Above f_a or f_b), the real-image high in each image quantity was made into Y' and it is referred to as $L = [(Y' - Y) / Y] \times 100$ $-10 < L < 10$, ... (5-1)

It is desirable to fulfill becoming conditions.

[0048] Further $-5 < L < 5$... (5-2)

It is desirable to fulfill becoming conditions.

[0049]

[Embodiment of the Invention] Below, the examples 1-5 of the scan optical element of the scan optical system of this invention are explained first. In the configuration parameter of each example mentioned later As shown in drawing 1 , the entrance pupil 20 of the scan optical element 4 as a zero of optical system The beam of light passing through the scan center of a

scan layer 5 and the center (zero) of an entrance pupil 20 defines an optical axis 21. The direction which progresses to an optical axis 21 from an entrance pupil 20 is intersected perpendicularly with Z shaft orientations and this Z-axis. Entrance pupil 20 center A passage, The direction of [within the field where a beam of light is bent by the scan optical system 4] Y shaft orientations, the reflective direction and an opposite direction according the direction which makes the direction which intersects perpendicularly with the Z-axis and a Y-axis, and passes along entrance pupil 20 center X shaft orientations, and goes to the scan optical element 4 from an entrance pupil 20 from the positive direction of the Z-axis, and an optical axis 21 to 12 the 2nd page — the positive direction of a Y-axis — and The direction which constitutes these Z-axes, a Y-axis, and a right-hand system is made into the positive direction (direction which goes to the reverse side from the table of space) of the X-axis.

[0050] and about the field where eccentricity is given The eccentricity and the medial axis of a field of X shaft orientations from the center of the entrance pupil 20 which is the zero of the scan optical element 4 of the plane peak of the field, Y shaft orientations, and Z shaft orientations (about a free sculptured surface and an anamorphic side) The angle of inclination (respectively alpha, beta, gamma (degree)) consisting mainly of the X-axis of the Z-axis of the aforementioned (a) type and the (c) type, a Y-axis, and each Z-axis is given, respectively. In addition, positive [of alpha and beta] means a clockwise rotation [as opposed to / in positive / of gamma / the positive direction of the Z-axis for the counterclockwise rotation over the positive direction of each shaft] in that case. In addition, the radius of curvature of the spherical surface, the refractive index of a medium, and the Abbe number are given according to the using-commonly method. In addition, about a spacing, it does not have semantics.

[0051] Moreover, the configuration of a free sculptured surface and an anamorphic side is given by the aforementioned (a) type and the (c) type. In addition, the term about the aspheric surface where data is not indicated is 0. About the refractive index, the thing to d line (wavelength of 587.56nm) is written. The unit of length is mm.

[0052] A Y-Z cross section including the optical axis 21 of the scan optical system of an example 1 is shown in drawing 1 . Moreover, a Y-Z cross section including the optical axis 21 of the scan optical system of examples 2-5 is shown in drawing 2 - drawing 5 , respectively. However, in drawing 2 - drawing 5 , the graphic display of the polygon mirror (examples 3-5) which is the deflecting system 3 arranged at about 20 entrance pupil of the scan optical element 4 or a galvanomirror (example 2), and the 1 collimator light source 2 (drawing 1) is excluded, and only the scan layer 5 which are the scan optical element 4 and its image surface is illustrated.

[0053] the actual beam-of-light path of the scan optical element 4 of examples 1-3 is a transparency side which countered the entrance pupil 20 and has been arranged off center — the 1st page should pass 11 — the 2nd page reflects by 12 and the light from the entrance pupil 20 which carried out incidence to the optical element 4 is a transparency side — 13 [page / 3rd] is penetrated and it injects from an optical element 4, and on a scan layer 5, a deflection scan is carried out and image formation is carried out. and the examples 1 and 2 — setting — the 1st — page 11 and the 2nd — from page 12 and the free sculptured surface where 13 [page / 3rd] is expressed with said formula (a) — becoming — an example 3 — setting — the 1st — page 11 — the spherical surface and the anamorphic side where 12 [page / 2nd] is expressed with said formula (c) — 13 [page / 3rd] consists of a flat surface.

[0054] The actual beam-of-light path of the scan optical element 4 of examples 4-5 The light from the entrance pupil 20 which is the transparency side which countered the entrance pupil 20 and has been arranged off center and which carried out incidence to the optical element 4 through 11 the 1st page the 2nd page reflects by 12 and it is a reflector — the 3rd page reflects by 13, incidence of the 2nd page is again carried out to 12, the field is penetrated and it injects from an optical element 4, and on a scan layer 5, a deflection scan is carried out and image formation is carried out. and the example 4 — setting — the 1st — page 11 and the anamorphic side where it consists of 12 and a free sculptured surface where 13 is expressed with said formula (a), and 11 [page / 2nd / page / 3rd / page / 1st] is expressed with said formula (c) in an example 5 — 13 [page / 2nd / page / 3rd] consists of 12 and a free sculptured surface

expressed with said formula (a).

[0055] in addition, about the tele cent rucksack nature, f-theta property, or f-arcsintheta property of scan optical system of these examples An example 1 has a f-theta property by the non-calling cent rucksack, and an example 2 has a f-arcsintheta property by the non-calling cent rucksack. An example 3 has a f-theta property by the non-calling cent rucksack, an example 4 has a f-theta property by the tele cent rucksack, an example 5 has a f-theta property by the non-calling cent rucksack, and the chief ray inclination of the beam of light by the side of a scan layer 5 is 1 degree or less in all the fields in an example 4.

[0056] Horizontal angles of view of 50 degrees, the vertical field angle of 50 degrees, and **** of the scan angle of examples 1-5 are 2mm. Moreover, wavelength in layout is set to 780nm.

Therefore, optical-character ability assessment (drawing 6 - drawing 19) which carries out a postscript is also performed on the wavelength.

[0057] Below, the configuration parameter of the above-mentioned examples 1-5 is shown.

1st page number of an example Radius of curvature A gap Eccentricity A refractive index Abbe number 1 infinity (pupil) 2 A free sculptured surface [1] Eccentricity (1) 1.5254 56.2 3 A free sculptured surface [2] Eccentricity (2) 1.5254 56.2 4 A free sculptured surface [3] Eccentricity (3) Image Field infinity Eccentricity (4) Free sculptured surface [1] C 5-4.8016x10-4 C7 8.6980x10-3 C8 1.2913x10-4 C10 4.9016x10-4 C12 5.2440x10-6 C14 2.0718x10-5 C16-8.7250x10-6 C17-5.7677x10-7 C19 - 1.0466X10-6 C21-1.2531X10-6 free sculptured surface [2] C5 -2.1158x10-3 C7 1.0217x10-3 C8 1.7242x10-5 C10 7.8968x10-5 C12 2.1179x10-7 C14 5.4927x10-8 C16-1.9478x10-6 C17 5.2871x10-9 C19-1.7131x10-8 C21-9.0602x10-8 Free sculptured surface [3] C5 8.2367x10-4 C7 1.2107x10-2 C8 5.7483x10-5 C10-3.6856x10-5 C12-8.9385x10-6 C14-2.3857x10-5 C16-5.4732x10-6 C17 1.0573x10-8 C19-2.9250x10-7 C21-8.1585x10-8 Eccentricity (1) X 0.00 Y 3.96 Z 11.58alpha -8.87beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (2) X 0.00 Y 8.55 Z 17.54alpha 36.71 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (3) X 0.00 Y -8.89 Z 15.75alpha 72.89 beta 0.00 gamma 0.00 eccentricity (4) X 0.00 Y -57.58 Z 2.75alpha 69.94 beta 0.00 gamma 0.00 .

[0058]

2nd page number of an example Radius of curvature A gap Eccentricity A refractive index Abbe number 1 infinity (pupil) 2 A free sculptured surface [1] Eccentricity (1) 1.5254 56.2 3 A free sculptured surface [2] Eccentricity (2) 1.5254 56.2 4 A free sculptured surface [3] Eccentricity (3) Image Field infinity Eccentricity (4) Free sculptured surface [1] C57.0640x10-3 C7 1.1622x10-2 C8-1.7099x10-4 C10-3.6911x10-4 C12-9.5686x10-6 C14 1.4307x10-5 C16 - 6.2808X10-6 C17 1.8902X10-7 C19 2.1324X10-7 C21-9.7690X10-9 Free Sculptured Surface [2] C5 -2.0850X10-3 C7 1.6281X10-3 C8 -1.4776x10-6 C9 -5.4542x10-8 C10 1.0378x10-4 C11 6.4851x10-16 C12-2.0248x10-7 C13 6.4465x10-16 C14 3.0770x10-6 C15 6.5567x10-16 C16-6.4314x10-7 C17-6.2432x10-9 C18 1.5995x10-15 C19 2.4451x10-8 C20-2.2270x10-16 C21-4.9969x10-8 C22 4.7328x10-16 Free sculptured surface [3] C5 1.2827x10-3 C7 1.1672x10-2 C8 3.2122x10-4 C10 1.4157x10-4 C12 3.9063x10-6 C14 8.1477x10-8 C16 5.4968x10-7 C17-1.9431x10-7 C19-1.5782x10-7 C21-1.0820x10-7 Eccentricity (1) X 0.00 Y -9.59 Z 13.31alpha -9.51 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (2) X 0.00 Y 7.66 Z 21.11alpha 45.95 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (3) X 0.00 Y -15.45 Z 27.92alpha 77.67 beta 0.00 gamma 0.00 eccentricity (4) X 0.00 Y -62.51 Z 35.89alpha 103.09 beta 0.00 gamma 0.00 .

[0059]

3rd page number of an example Radius of curvature A gap Eccentricity A refractive index Abbe number 1 infinity (pupil) 2 37.06 Eccentricity (1) 1.5254 56.2 3 An anamorphic side Eccentricity (2) 1.5254 56.2 4 infinity Eccentricity (3) Image Field infinity Eccentricity (4) anamorphic -- field Rx-573.99 Ry-754.83 Kx 0.0000 Ky 0.0000 R1 4.8872x10-12 R2 1.8474x10-8 P1 2.4417x102 P2-1.9898x10-1 Eccentricity (1) X 0.00 Y 0.43 Z 5.27alpha -8.18 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (2) X 0.00 Y -3.62 Z 20.11alpha 30.17beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (3) X 0.00 Y -13.65 Z 23.68alpha 69.77 beta 0.00 gamma 0.00 eccentricity (4) X 0.00 Y -42.39 Z -4.98alpha 62.16 beta 0.00 gamma 0.00 .

[0060]

4th page number of an example Radius of curvature A gap Eccentricity A refractive index Abbe

number 1 infinity (pupil) 2 A free sculptured surface [1] Eccentricity (1) 1.4922 57.5 3 A free sculptured surface [2] Eccentricity (2) 1.4922 57.5 4 A free sculptured surface [3] Eccentricity (3) 1.4922 57.5 5 Free sculptured surface [2] Eccentricity (2) Image Field infinity Eccentricity (4) Free sculptured surface [1] C5 1.3216×10^{-2} C7 1.0983×10^{-2} C8 1.8434×10^{-5} C10 -9.7410×10^{-5} C12 2.8685×10^{-6} C14 3.3720×10^{-7} C16 1.7210×10^{-7} Free sculptured surface [2] C5 1.7556×10^{-3} C7 1.4101×10^{-3} C8 -2.1040×10^{-5} C10 1.0257×10^{-5} C12 5.8539×10^{-7} C14 1.2612×10^{-6} C16 1.0858×10^{-6} C17 -2.9119×10^{-9} C19 -5.8219×10^{-8} C21 -9.7945×10^{-8} Free sculptured surface [3] C5 6.7166×10^{-4} C7 3.3358×10^{-3} C8 -1.3144×10^{-4} C10 -1.7089×10^{-4} C12 -1.9431×10^{-6} C14 -4.1346×10^{-6} C16 -1.4930×10^{-6} C17 -1.3440×10^{-8} C19 -3.1193×10^{-8} C21 -3.5606×10^{-8} Eccentricity (1) X 0.00 Y 3.14 Z 12.61 alpha 2.61 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (2) X 0.00 Y -7.26 Z 38.60 alpha 47.74 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (3) X 0.00 Y 0.19 Z -0.17 alpha 54.76 beta 0.00 gamma 0.00 eccentricity (4) X 0.00 Y 9.86 Z 48.85 alpha 55.78 beta 0.00 gamma 0.00 . [0061]

5th page number of an example Radius of curvature A gap Eccentricity A refractive index Abbe number 1 infinity (pupil) 2 An anamorphic side Eccentricity (1) 1.4922 57.5 3 A free sculptured surface [1] Eccentricity (2) 1.4922 57.5 4 A free sculptured surface [2] Eccentricity (3) 1.4922 57.5 5 Free sculptured surface [1] Eccentricity (2) Image Field infinity Eccentricity (4) Anamorphic side Rx 51.22 Ry 52.01 Kx 0.0000 K(ies) 0.0000 R1 5.7849×10^{-7} R2 5.5372×10^{-9} P1 -1.2561 P -2 -3.0154 $\times 10^{-1}$ Free sculptured surface [1] C5 1.5917×10^{-3} C7 2.0371×10^{-3} C8 2.9993×10^{-5} C10 1.0611×10^{-4} C12 6.1126×10^{-7} C14 3.3450×10^{-6} C16 2.1509×10^{-6} C17 -2.7798×10^{-8} C19 -1.0444×10^{-7} C21 -1.4947×10^{-7} Free sculptured surface [2] C5 1.6642×10^{-3} C7 5.6364×10^{-3} C8 -1.0328×10^{-4} C10 -1.3112×10^{-4} C12 -4.9940×10^{-7} C14 -6.1522×10^{-6} C16 -2.1597×10^{-6} C17 1.3701×10^{-8} C19 -2.4901×10^{-8} C21 -2.4620×10^{-8} Eccentricity (1) X 0.00 Y 12.25 Z 5.93 alpha -8.61 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (2) X 0.00 Y -9.46 Z 25.31 alpha 50.13 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (3) X 0.00 Y 1.52 Z -3.06 alpha 54.76 beta 0.00 gamma 0.00 eccentricity (4) X 0.00 Y 16.47 Z 53.58 alpha 37.94 beta 0.00 gamma 0.00 . [0062]

The f-theta property of an example 1 is shown in drawing 6 (a) and (b). The direction of X is shown in drawing (a), and the f-theta property of the direction of Y is shown in drawing (b).

The f-arcsintheta property of an example 2 is shown in drawing 7 (a) and (b). The direction of X is shown in drawing (a), and the f-arcsintheta property of the direction of Y is shown in drawing (b). The f-theta property of an example 4 is shown in drawing 8 (a) and (b). The direction of X is shown in drawing (a), and the f-theta property of the direction of Y is shown in drawing (b).

Moreover, the same f-theta property of an example 5 is shown in drawing 9 (a) and (b). In these drawings, it is the linearity L to which a horizontal axis is given to in the image quantity Y, and an axis of ordinate is given by (5-1).

[0063] moreover, drawing 10 — the curvature of field of an example 1 — the curvature of field of an example 4 is shown in drawing 12, and the curvature of field of an example 5 is shown for the curvature of field of an example 2 in drawing 11 at drawing 13, respectively. In these drawings, a horizontal axis is the image quantity Y, an axis of ordinate is a focal location, and the curve to which the curve which connects ** point connects <> point for the direction focus of Y shows the direction focus of X.

[0064] Moreover, the transverse aberration of an example 1 is shown in drawing 14 - drawing 16, and the transverse aberration of an example 4 is shown in drawing 17 - drawing 19. In these transverse aberration drawings, the numeric character shown in the parenthesis expresses (the direction field angle of X, and the direction field angle of Y), and shows the transverse aberration in the field angle.

[0065] In the scan optical system by this invention of the above example, it has a symmetry axis of rotation inversion for the configuration of the field which constitutes the scan optical element 4 neither the inside of the field, nor field outside, but, moreover, there are some which are being made into the free sculptured surface which has one plane of symmetry (examples 1, 2, 4, and 5). This is because the Y-Z side can also make the image of the image formation side 5 the symmetry on both sides as plane of symmetry and the effort of aberration amendment can reduce them substantially by considering as a free sculptured surface where the Y-Z side which is a field including the eccentric direction of the field arranged by carrying out eccentricity turns

into plane of symmetry when system of coordinates are taken like drawing 1 .

[0066] Next, the block diagram at the time of applying the scan optical system of this invention to a laser beam printer (LBP) at drawing 20 is shown. Incidence of the collimation light (refer to drawing 1) which injected from the non-illustrated light source 1 and turned into abbreviation parallel light by the collimator 2 is carried out to the polygon scanner which is deflecting system 3, it is condensed by the scan optical element 4 on the photoconductor drum located in a scan layer 5, and it scans the beam of light deflected in the reflector by it. In writing a two-dimensional image in a scan layer 5, before carrying out incidence to the polygon scanner whose collimation light is deflecting system 3 in the above-mentioned configuration, it becomes possible by arranging the 2nd deflecting system (for example, oscillating mirror) deflected in the field which intersects perpendicularly with the deflection side of a polygon scanner, for example. in addition, an image side tele cent [like drawing 4 in this example] whose scan optical element 4 is -- 13 [page / 3rd] consists of a free sculptured surface, and the deflection angle by deflecting system 3 which is rucksack optical system, whose 11 [page / 1st] is the spherical surface and a field which has reflex action and a transparency operation and which are 12 and a reflector the 2nd page is about 70 degrees.

[0067] The block diagram at the time of reading into drawing 21 and applying the scan optical system of this invention to equipment (for example, scanner) is shown. The light injected from the location which meets the scanning line 51 of the image to capture is incorporated by scan optical element 4 like drawing 5 , and turns into abbreviation parallel light which is deflected with the polygon scanner 3 and advances in the one direction. The light is led to a photodetector 53 according to the condensing optical system 52 which has the condensing operation, and an image is captured as a video signal.

[0068] The block diagram at the time of corresponding to a two-dimensional image at drawing 22 is shown. What is necessary is just to carry out additional arrangement of the galvanometer scanner 31 which is the 2nd deflecting system deflected in the field which intersects perpendicularly with the deflection side of the polygon scanner 3 with the configuration of drawing 21 , after carrying out incidence to the polygon scanner 3 in carrying out a two-dimensional scan and capturing the two-dimensional image 50.

[0069] Next, the block diagram of one example at the time of applying the scan optical system of this invention to an image display device is shown in drawing 23 . As the light source which injects the light modulated by the controller according to the video signal from the outside, laser or LED 1R, 1G, and 1B of three-primary-colors R, and G and B (red, green, blue) etc. is arranged. It is the 1st deflecting system (not shown) which the light from the light sources 1R, 1G, and 1B in three primary colors turns into abbreviation parallel light by the collimator (not shown), and alignment is carried out to the same axle with the half mirror 7 of two sheets, becomes one light beam, and deflects this light beam in the direction of X. referring to drawing 22 deviates and it deviates in the direction of Y by the polygon mirror of the 2nd deflecting system 3 -- having -- the scan optical element 4 -- incidence of the 1st page is carried out from 11. Internal reflection of the 2nd page is carried out by 12, the 3rd page reflects by 13, and shortly, the light which carried out incidence to the scan optical element 4 is refracted, is injected by 12, the 2nd page, and forms the medium image which is a primary image which should be observed in the medium image position 40. By carrying out image formation of this image on a retina through an observer's pupil 41 according to the eyepiece optical system 6, the expanded virtual image is observable. Here as eyepiece optical system 6 shown in drawing 23 These people use the eccentric optical system which the refractive index surrounded in three optical surfaces 61-63 proposed by JP,8-313829,A becomes from a larger medium than 1. The flux of light from a medium image Incidence is carried out into the eccentric optical system from the 3rd field 63, next total reflection of the 1st page is carried out by 61 in the interior, and, subsequently it is the thing of a concave mirror which is made to carry out internal reflection of the 2nd page by 62, is made to inject the 1st page out of eccentric optical system through 61 shortly, and leads the medium image to an observer eyeball.

[0070] In addition, in arrangement of drawing 23 , since it is good only in one direction to deviate when what has 1-dimensional breadth in the light source, for example, an LED array, is used, the

1st deflecting system can be excluded, and compared with the configuration mentioned above, it can be simple and can be made small. In addition, transparency mold screens, such as a diffusion board, may be arranged to the medium image position 40 of drawing 23.

[0071] Moreover, as shown in drawing 24, an image can be projected on an observer's both eyes with one deflecting system 3 by setting the light source 1 at a time to a total of two [one right and left], and making it make two reflectors of deflecting system 3 carry out incidence of the KORIMETO light from the two light sources 1 simultaneously. In this case, left Uichi pair arrangement of a collimator 2, the scan optical element 4, and the eyepiece optical system 6 is carried out, respectively.

[0072] The important section block diagram of the image display device which was similar to drawing 25 at drawing 23 is shown. However, since the light source 1 to the 2nd deflecting system 3 is the same as that of the case of drawing 23, it is not illustrated. The light which the 2nd deflecting system 3 which becomes entrance pupil 20 location of the scan optical element 4 from a polygon mirror or a galvanomirror has been arranged, and was deflected in the reflector of the deflecting system 3. The medium image which is a primary image of the scan optical element 4 which carries out incidence of the 1st page from 11, and internal reflection is carried out by 12 the 2nd page, is reflected by 13 the 3rd page, refracts and injects the 2nd page by 12 shortly, and should be observed in the medium image position 40 is formed. Since this medium image can be formed the air or in an optical medium, as shown in drawing 25, it is possible to form in the eccentric optical system of the eyepiece optical system 6. Therefore, when using the usual display device, compared with the case where a primary image is formed in the air like drawing 23, in the case of this example, it becomes possible to shorten the focal distance of the eyepiece optical system 6, and a still larger field angle can be realized. In addition, the eccentric optical system which it becomes from a medium with the larger refractive index by which these people were surrounded in three optical surfaces 61-63 proposed by JP,8-313829,A than 1 as eyepiece optical system 6 also in this example is used.

[0073] In the example of drawing 25, although the configuration parameter is not shown here since the scan optical element 4 uses what was shown in the example 4, the configuration parameter of the eyepiece optical system 6 is shown below. however — the — the 3rd page, 63 is a flat surface and is excluded in the following configuration parameter. The counterlight trace from observer pupil 41 location to the medium image surface 40 has expressed the field number among the following configuration parameter. Although how to take a coordinate is the same as that of drawing 1 - drawing 5, the center of the observer pupil 41 is made into the zero. In this example, since the medium image is formed in the medium of the eyepiece optical system 6, horizontal angles of view of 50 degrees, the vertical field angle of 38.6 degrees, and 4mm of diameters of an exit pupil have been attained.

[0074]

<Configuration parameter of eyepiece optical system> side number Radius of curvature A gap
Eccentricity A refractive index Abbe number 1 infinity (pupil) Eccentricity (1) 2 A free sculptured surface [1] Eccentricity (2) 1.4922 57.5 3 A free sculptured surface [2] Eccentricity (3) 1.4922 57.5 4 A free sculptured surface [1] Eccentricity (2) 1.4922 57.5 images Field infinity Eccentricity (4) free sculptured surface [1] C5 4.7905x10-4 C7 -1.1555x10-2 C8 -5.5074x10-5 C10-3.2531x10-4 C12-2.6285x10-6 C14 2.5769x10-6 C16 4.2178x10-6 C17-8.2599x10-8 C19 9.8187x10-8 C21 1.6093x10-7 free sculptured surface [2] C5 -5.0708x10-3 C7 -8.6294x10-3 C8 -4.6135x10-5 C10 -4.9564x10-5 C12 9.0372x10-7 C14 1.1106x10-6 C16 -1.9738x10-7 C17-2.1466x10-8 C19-4.7149x10-8 C21-1.3733x10-8 Eccentricity (1) X 0.00 Y 0.00 Z 0.00 alpha 0.00 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (2) X 0.00 Y 5.90 Z 48.09 alpha 2.60 beta 0.00 gamma 0.00 Eccentricity (3) X 0.00 Y -8.27 Z 64.68 alpha -23.98 beta 0.00 gamma 0.00 eccentricity (4) X 0.00 Y 27.84 Z 57.55 alpha 44.24 beta 0.00 gamma 0.00 .

[0075] In addition, if the image display device of drawing 25 forms a medium image (real image), it cannot be overemphasized that an effect with the same said of the thing of a gestalt like a throat is acquired except scan optical system. For example, using a liquid crystal display element as a subject-copy image, a medium image is formed according to relay optical system, and the same effect is acquired also in the image display device which projects that medium image on an

observer eyeball according to the eyepiece optical system 6 by forming this medium image in the optical medium of the eyepiece optical system 6.

[0076] The scan optical system of the above this invention, scan optical equipment, and the image display device using it can be constituted as follows, for example.

[1] A light deflector with the operation which deflects light along one scanning direction on the field for a scan at least, In scan optical system with the optical member which made said field for a scan carry out abbreviation coincidence of the image surface while being arranged between said light deflector and said field for a scan and making said light deflector carry out abbreviation coincidence of the pupil surface The reflector is scan optical system characterized by being formed in the nonrotation plane of symmetry which has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface with the operation to which eccentric aberration is amended outside including at least one reflector where said optical member gives positive power to the flux of light.

[0077] [2] A light deflector with the operation which deflects light along one scanning direction on the field for a scan at least, In scan optical system with the optical member which made said field for a scan carry out abbreviation coincidence of the image surface while being arranged between said light deflector and said field for a scan and making said light deflector carry out abbreviation coincidence of the pupil surface Said optical member contains the prism member in which the refractive index (n) was formed by the larger ($n > 1$) medium than 1. Said prism member It has a reflector with the operation which reflects the flux of light in prism at least, and the transparency side which had incidence or the operation to inject for the flux of light in prism at least. One [at least] field of said reflector and said transparency side is scan optical system characterized by being formed in the nonrotation plane of symmetry which has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface with the operation which amends eccentric aberration outside.

[0078] [3] A light deflector with the operation which deflects light along one scanning direction on the field for a scan at least, In scan optical system with the optical member which made said field for a scan carry out abbreviation coincidence of the image surface while being arranged between said light deflector and said field for a scan and making said light deflector carry out abbreviation coincidence of the pupil surface The refractive index (n) inserted into at least three fields in which said optical member had an echo or an optical operation of transparency, and three fields of those contains the prism member which has a larger ($n > 1$) medium than 1. While being formed in the reflector in which at least one field had the operation which reflects the flux of light in prism in said three fields Combine reflex action and a transparency operation and ** is also constituted like so that the clinch optical path to which the field by which opposite arrangement is carried out on both sides of said reflector and medium had the operation which folds up an optical path between said reflectors may be formed. Furthermore, it is the scan optical system characterized by forming the inside of said three fields, and the 1st [at least] page in the nonrotation plane of symmetry which has a symmetry axis of rotation inversion neither of a field inner surface with the operation which amends eccentric aberration outside.

[0079] [4] Said scan optical system is scan optical system characterized by being constituted so that the beam of light by the side of said field for a scan may serve as an abbreviation tele cent rucksack in the above [3].

[0080] [5] It is the scan optical system characterized by the thing in which, as for said nonrotation plane of symmetry, two plane of symmetry exists in any 1 term of [4], and which is formed in respect of anamorphic from the above [1].

[0081] [6] It is the scan optical system characterized by being formed from the above [1] in the free sculptured surface where, as for said nonrotation plane of symmetry, one plane of symmetry exists in any 1 term of [4].

[0082] [7] Said optical member is scan optical system characterized by being constituted so that the power in the direction in which the flux of light is deflected by said deflecting system in any 1 term of [6] may differ from the power in a direction vertical to the direction from the above [1].

[0083] [8] In the above [3] or [4], said prism member consists of the 3rd page, a transparency

side, the field having a transparency operation and reflex action, and a reflector, at least, and the optical path inside prism pursues from said transparency side side. Scan optical system characterized by arranging said three fields so that it penetrates said transparency side, and the field having said transparency operation and reflex action may be penetrated, after being reflected in respect of having said transparency operation and reflex action and being reflected in said reflector.

[0084] [9] The field which has said transparency operation and reflex action in the above [3], [4], or [8] is scan optical system characterized by forming reflex action and a transparency operation by constituting so that total reflection of a part of flux of light [at least] in prism may be carried out.

[0085] [10] Scan optical system characterized by forming the field which adjoined said deflecting system most in the optical operating surface of said prism member in any 1 term of [9] from the above [1] in respect of having positive power.

[0086] [11] any 1 term of the above [1] to [10] — setting — the image quantity on said field for a scan — Y_a^{**} — carrying out — the deflection angle of said deflecting system — θ_{aa}^{**} — carrying out — the focal distance of said optical member — f_a^{**} — time of carrying out $Y_a = f_a \times \theta_{aa} \dots (3)$

Scan optical system characterized by satisfying unrelated relation.

[0087] [12] any 1 term of the above [1] to [10] — setting — the image quantity on said field for a scan — Y_b^{**} — carrying out — the deflection angle of said deflecting system — θ_{ab}^{**} — carrying out — the focal distance of said optical member — f_b^{**} — time of carrying out $Y_b = f_b \times \sin^{-1} \theta_{ab} \dots (4)$

Scan optical system characterized by satisfying unrelated relation.

[0088] [13] Set the image quantity on said field for a scan to Y in any 1 term of [12] from the above [1]. When set the deflection angle of said deflecting system to θ , the focal distance of said optical member was set to f , the real-image high in each image quantity was made into Y' and it is referred to as $L = (Y' - Y) / Y \times 100 - 10 < L < 10, \dots (5-1)$

Scan optical system characterized by fulfilling the becoming conditions.

[0089] [14] In the above [12] — $5 < L < 5 \dots (5-2)$

Scan optical system characterized by fulfilling the becoming conditions.

[0090] [15] It is the scan optical system characterized by said field for a scan being one dimension in any 1 term of [14] from the above [1].

[0091] [16] It is the scan optical system characterized by said field for a scan being two-dimensional in any 1 term of [14] from the above [1].

[0092] [17] When the chief ray inclination of the deflection light to the normal of said field for a scan is set to γ in any 1 term of [16] from the above [3] $\gamma \leq 5$ degrees ... (1-1),

Scan optical system characterized by fulfilling the becoming conditions.

[0093] [18] In the above [17] $\gamma \leq 2$ degrees ... (1-2)

Scan optical system characterized by fulfilling the becoming conditions.

[0094] [19] In the above [18] $\gamma \leq 1$ degree ... (1-3)

Scan optical system characterized by fulfilling the becoming conditions.

[0095] In the scan optical equipment with which the light injected from the light source is deflected by deflecting system, and is irradiated by the scan layer through scan optical system

[20] Said scan optical system It is arranged between the deflecting system which deflects light in the at least 1 direction, and the scan layer which makes said light scan. The medium with a larger refractive index than 1 fills the space which consisted of the 2nd [at least] page and was formed by the 2nd [at least] page. It is scan optical equipment which the 1st [at least] page is a reflector and is characterized by the inside of the 2nd [at least] aforementioned page and the 1st [at least] page being the aspheric surfaces which carried out eccentricity to the optical axis.

[0096] In the above [20] [21] Said scan optical system It is arranged between the deflecting system which deflects light in the at least 1 direction, and the scan layer which makes said light scan. The medium with a larger refractive index than 1 fills the space which consisted of the 3rd [at least] page and was formed by the 3rd [at least] page. It is scan optical equipment

characterized by for the 1st page being a reflector, for other 1st page being a field which has reflex action and a transparency operation, and the inside of the 3rd [at least] aforementioned page and the 1st [at least] page being the aspheric surfaces which carried out eccentricity to the optical axis.

[0097] [22] the above [20] or [21] — setting — the 1st [at least] aforementioned page — a revolution — the scan optical equipment characterized by being the unsymmetrical aspheric surface.

[0098] [23] It is scan optical equipment characterized by the 1st [at least] aforementioned page being a free sculptured surface in the above [20] or [21].

[0099] [24] It is scan optical equipment characterized by said light source being laser in any 1 term of [23] from the above [20].

[0100] [25] The light which carries out incidence to said deflecting system in any 1 term of [24] from the above [20] is scan optical equipment characterized by being the parallel light by which the light emitted from said light source was collimated.

[0101] [26] It is scan optical equipment with which light which carries out incidence to said deflecting system in any 1 term of [25] is characterized by the magnitude of said light differing in the eccentric direction of the aforementioned field, and the direction which intersects perpendicularly with it from the above [20].

[0102] [27] It is scan optical equipment characterized by being the thing which it makes two-dimensional [of the direction which intersects perpendicularly with the eccentric direction of the field of the above / said deflecting system /, and it in any 1 term of [26]] deflect from the above [20].

[0103] [28] The light which carries out incidence to said deflecting system in any 1 term of [26] from the above [20] is scan optical equipment characterized by being injected from a 1-dimensional luminescence element array.

[0104] [29] In the scan optical equipment with which the light injected from the 1-dimensional image or the two-dimensional image is deflected by deflecting system through scan optical system, and serves as a light beam which advances in the one direction, and incidence is carried out to a photodetector Said scan optical system is arranged between the deflecting system which deflects light in the at least 1 direction, and the scan layer which makes said light scan. The medium with a larger refractive index than 1 fills the space which consisted of the 2nd [at least] page and was formed by the 2nd [at least] page. It is scan optical equipment which the 1st [at least] page is a reflector and is characterized by the inside of the 2nd [at least] aforementioned page and the 1st [at least] page being the aspheric surfaces which carried out eccentricity to the optical axis.

[0105] In the above [29] [30] Said scan optical system It is arranged between the deflecting system which deflects light in the at least 1 direction, and the scan layer which makes said light scan. The medium with a larger refractive index than 1 fills the space which consisted of the 3rd [at least] page and was formed by the 3rd [at least] page. It is scan optical equipment characterized by for the 1st page being a reflector, for other 1st page being a field which has reflex action and a transparency operation, and the inside of the 3rd [at least] aforementioned page and the 1st [at least] page being the aspheric surfaces which carried out eccentricity to the optical axis.

[0106] [31] the above [29] or [30] — setting — the 1st [at least] aforementioned page — a revolution — the scan optical equipment characterized by being the unsymmetrical aspheric surface.

[0107] [32] It is scan optical equipment characterized by the 1st [at least] aforementioned page being a free sculptured surface in the above [29] or [30].

[0108] [33] It is scan optical equipment characterized by being the thing which it makes two-dimensional [of the direction which intersects perpendicularly with the eccentric direction of the field of the above / said deflecting system /, and it in any 1 term of [32]] deflect from the above [29].

[0109] [34] The light which carries out incidence to said deflecting system in any 1 term of [32] from the above [29] is scan optical equipment characterized by being injected from a 1-

dimensional luminescence element array.

[0110] [35] In the image display device to which it deviates with deflecting system and a medium image is formed according to scan optical system, and the light injected from the light source expands said medium image to an observer eyeball as a virtual image, and projects it on it according to eyepiece optical system Said scan optical system is arranged between the deflecting system which deflects light in the at least 1 direction, and the scan layer which makes said light scan. The medium with a larger refractive index than 1 fills the space which consisted of the 2nd [at least] page and was formed by the 2nd [at least] page. It is the image display device which the 1st [at least] page is a reflector and is characterized by the inside of the 2nd [at least] aforementioned page and the 1st [at least] page being the aspheric surfaces which carried out eccentricity to the optical axis.

[0111] In the above [35] [36] Said scan optical system It is arranged between the deflecting system which deflects light in the at least 1 direction, and the scan layer which makes said light scan. The medium with a larger refractive index than 1 fills the space which consisted of the 3rd [at least] page and was formed by the 3rd [at least] page. It is the image display device characterized by for the 1st page being a reflector, for other 1st page being a field which has reflex action and a transparency operation, and the inside of the 3rd [at least] aforementioned page and the 1st [at least] page being the aspheric surfaces which carried out eccentricity to the optical axis.

[0112] [37] the above [35] or [36] — setting — the 1st [at least] aforementioned page — a revolution — the image display device characterized by being the unsymmetrical aspheric surface.

[0113] [38] It is the image display device characterized by the 1st [at least] aforementioned page being a free sculptured surface in the above [35] or [36].

[0114] [39] The image display device characterized by being constituted so that the beam of light by the side of the field for a scan of said scan optical system may serve as an abbreviation tele cent rucksack from the above [35] in any 1 term of [38].

[0115] [40] It is the image display device characterized by being the field which a part reflects the 1st [at least] page of said scan optical system in any 1 term of [39] from the above [35], and a part penetrates.

[0116] [41] It is the image display device characterized by being the field where at least a part carries out total reflection of the 1st [at least] page of said scan optical system in any 1 term of [40] from the above [35].

[0117] [42] It is the image display device which the number of the flux of lights deflected from the above [35] with said deflecting system in any 1 term of [41] is two, and said two flux of lights form a medium image according to said scan optical system, respectively, and is characterized by carrying out amplification projection as a virtual image at the eyeball of right and left of each medium image of an observer by each eyepiece optical system.

[0118] [43] The flux of light which carries out incidence to said deflecting system in the above [42] is an image display device characterized by irradiating two or more deflection sides simultaneously.

[0119] [44] The flux of light which carries out incidence to said deflecting system in the above [42] or [43] is an image display device characterized by being divided into two.

[0120] [45] It is the image display device characterized by forming said some of medium images [at least] in the medium of said eyepiece optical system in the image display device which projects the medium image with which the light injected from the light source is deflected by deflecting system, and is formed of scan optical system, or the medium image formed of relay optical system in the image of an image display element as a virtual image expanded to the observer eyeball according to eyepiece optical system.

[0121]

[Effect of the Invention] Though the scan optical system constituted by one scan optical element is used according to this invention so that clearly from the above explanation It is possible to form the light beam which has a very large scan angle, and is not concerned with the class of deflecting system, but carries out uniform motion on a scan layer. Moreover, it is also

- possible to attain tele cent rucksack nature required for highly precise drawing, further, not only in a 1-dimensional scan but in a two-dimensional scan field, it has the above-mentioned
- property, and the high scan optical system of the image formation engine performance can be offered.

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is a cross section including the optical axis of the scan optical system of the example 1 of this invention.
- [Drawing 2] It is a cross section including the optical axis of the scan optical system of the example 2 of this invention.
- [Drawing 3] It is a cross section including the optical axis of the scan optical system of the example 3 of this invention.
- [Drawing 4] It is a cross section including the optical axis of the scan optical system of the example 4 of this invention.
- [Drawing 5] It is a cross section including the optical axis of the scan optical system of the example 6 of this invention.
- [Drawing 6] It is drawing showing the f -theta property of an example 1.
- [Drawing 7] It is drawing showing the f -arcsintheta property of an example 2.
- [Drawing 8] It is drawing showing the f -theta property of an example 4.
- [Drawing 9] It is drawing showing the f -theta property of an example 5.
- [Drawing 10] It is drawing showing the curvature of field of an example 1.
- [Drawing 11] It is drawing showing the curvature of field of an example 2.
- [Drawing 12] It is drawing showing the curvature of field of an example 4.
- [Drawing 13] It is drawing showing the curvature of field of an example 5.
- [Drawing 14] It is drawing showing a part of transverse aberration of an example 1.
- [Drawing 15] It is drawing showing a part of other transverse aberration of an example 1.
- [Drawing 16] It is drawing showing a part of remaining transverse aberration of an example 1.
- [Drawing 17] It is drawing showing a part of transverse aberration of an example 4.
- [Drawing 18] It is drawing showing a part of other transverse aberration of an example 4.
- [Drawing 19] It is drawing showing a part of remaining transverse aberration of an example 4.
- [Drawing 20] It is a block diagram at the time of applying the scan optical system of this invention to a laser beam printer.
- [Drawing 21] It is a block diagram at the time of reading the scan optical system of this invention and applying to equipment.
- [Drawing 22] It is a block diagram at the time of applying the scan optical system of this invention to the reading equipment of a two-dimensional image.
- [Drawing 23] It is the block diagram of one example at the time of applying the scan optical system of this invention to an image display device.
- [Drawing 24] It is a block diagram at the time of applying the scan optical system of this invention to the image display device in which both-eyes observation is possible.
- [Drawing 25] It is the important section block diagram of another example at the time of applying the scan optical system of this invention to an image display device.

[Description of Notations]

- 1 — Light source
 1R, 1G, 1 B—R, G, B laser, or LED
 2 — Collimator

- 3 -- Deflecting system
- 4 -- Scan optical element
- 5 -- Scan layer
- 6 -- Eyepiece optical system
- 7 -- Half mirror
- 11 -- The 1st page
- 12 -- The 2nd page
- 13 -- The 3rd page
- 20 -- Entrance pupil
- 21 -- Optical axis
- 31 -- Galvanometer scanner
- 40 -- Medium image position
- 41 -- Observer pupil
- 51 -- Scanning line
- 52 -- Condensing optical system
- 53 -- Photodetector
- 61 -- The 1st page of eyepiece optical system
- 62 -- The 2nd page of eyepiece optical system
- 63 -- The 3rd page of eyepiece optical system

[Translation done.]

(C)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-84291

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 26/10

識別記号

1 0 8

H 0 4 N 1/113

F I

G 0 2 B 26/10

F

C

1 0 8

H 0 4 N 1/04

1 0 4 Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号

特願平9-246637

(22) 出願日

平成9年(1997) 9月11日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 高橋浩一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号オリン
パス光学工業株式会社内

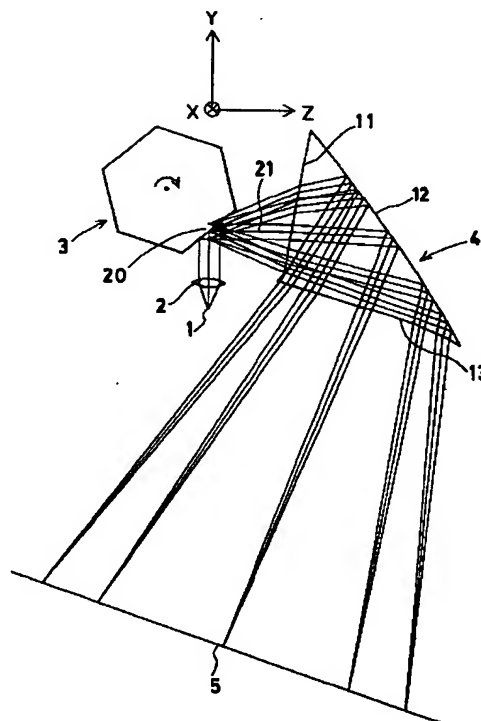
(74) 代理人 弁理士 荏澤 弘 (外7名)

(54) 【発明の名称】 走査光学系

(57) 【要約】

【課題】 広い走査角を有し、等速度運動する光ビームを形成することが可能で、テレセントリック性を達成することも可能で、結像性能の高い走査光学系。

【解決手段】 走査対象面 5 上で 1 つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器 3 と、光偏向器 3 と走査対象面 5 との間に配置されかつ瞳面 20 を光偏向器 3 に略一致させると共に像面を走査対象面 5 に略一致させた光学部材 4 とを有した走査光学系であり、光学部材 4 が、光束に正のパワーを与える少なくとも 1 つの反射面 12 を含み、その反射面 12 は偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称面にて形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも走査対象面上での1つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器と、前記光偏向器と前記走査対象面との間に配置されかつ瞳面を前記光偏向器に略一致させると共に像面を前記走査対象面に略一致させた光学部材とを有した走査光学系において、前記光学部材が、光束に正のパワーを与える少なくとも1つの反射面を含み、その反射面は偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称面にて形成されていることを特徴とする走査光学系。

【請求項2】 少なくとも走査対象面上での1つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器と、前記光偏向器と前記走査対象面との間に配置されかつ瞳面を前記光偏向器に略一致させると共に像面を前記走査対象面に略一致させた光学部材とを有した走査光学系において、前記光学部材が、屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質にて形成されたプリズム部材を含み、前記プリズム部材は、少なくともプリズム内の光束を反射する作用を持った反射面と、少なくともプリズムに光束を入射若しくは射出する作用を持った透過面とを有し、前記反射面と前記透過面の少なくとも一方の面は、偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称面にて形成されていることを特徴とする走査光学系。

【請求項3】 少なくとも走査対象面上での1つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器と、前記光偏向器と前記走査対象面との間に配置されかつ瞳面を前記光偏向器に略一致させると共に像面を前記走査対象面に略一致させた光学部材とを有した走査光学系において、前記光学部材が、反射又は透過の光学作用を持った少なくとも3つの面とその3つの面に挟まれた屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質とを有するプリズム部材を含み、前記3つの面の中、少なくとも1つの面がプリズム内の光束を反射する作用を持った反射面にて形成されると共に、前記反射面と媒質を挟んで対向配置されている面が前記反射面との間に光路を折り畳む作用を持った折り返し光路を形成するように反射作用と透過作用とを併せて持ちように構成され、さらに、前記3つの面の中、少なくとも1面は偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称面にて形成されていることを特徴とする走査光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、走査光学系に関し、特に、偏向器によって光を偏向させる走査光学系、

それを用いた走査光学装置及び画像表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 走査光学系の従来の周知なものの1つとして、特許第2,604,513号のものがある。この走査光学系は、光源からの光ビームを第1結像光学系にて副走査方向にのみ集光させ、偏向器によって光ビームを偏向し、偏向器近傍の前側レンズ群と被走査面近傍の後側レンズ群によって構成される第2結像光学系によって被走査面上をテレセントリックに照射させるものである。

【0003】 また、走査光学系の他の周知なものとして、特開平9-127410号のものがある。この走査光学系は、3群からなり、第1群は変形トロイダル面を有するメニスカスレンズ、第2群は正レンズ、第3群は略走査面の走査幅の長さを有するトロイダル面を有するレンズによって構成されている。

【0004】 また、光を偏向走査して観察者の眼球に投影する画像表示装置の従来の周知なものとして、本出願人の特開平7-218849号のものがある。この画像表示装置は、1次元アレイの発光素子から射出した光を偏向器によって偏向し、観察者の眼球に投影するものである。

【0005】 また、この他の光を偏向走査して観察者の眼球に投影する画像表示装置に、特開平4-168475号、米国特許第5,003,300号のものがある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、特許第2,604,513号及び特開平9-127410号では、光学系を構成する光学素子として3枚以上用いている。したがって、光学素子の数が多いため、組立の工程は複雑になり、コストの高いものになる。さらに、走査面の直前に非常に大きなレンズを配備しているため、光学系全体は大きなものになる。

【0007】 また、上記特開平7-218849号、特開平4-168475号、米国特許第5,003,300号に開示された画像表示装置においては、光ビームを走査面で結像する作用を有する光学系としか記述がなく、走査光学系における具体的な特徴は開示されていない。

【0008】 本発明は従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、1つの光学素子によって構成された走査光学系を用いながらも非常に広い走査角を有し、走査光学系の特徴である偏向器の特性によって決る走査特性を良好に補正すること、すなわち、偏向器の種類に関わらず走査面上では等速度運動する光ビームを形成することが可能であり、また、高精度な描画のために必要なテレセントリック性を達成することも可能であり、さらに、1次元走査のみではなく2次元の走査領域において上記特性を有し、さらに、結像性能の

高い走査光学系を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の走査光学系は、少なくとも走査対象面上での1つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器と、前記光偏向器と前記走査対象面との間に配置されかつ瞳面を前記光偏向器に略一致させると共に像面を前記走査対象面に略一致させた光学部材とを有した走査光学系において、前記光学部材が、光束に正のパワーを与える少なくとも1つの反射面を含み、その反射面は偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称面にて形成されていることを特徴とするものである。

【0010】本発明のもう1つの走査光学系は、少なくとも走査対象面上での1つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器と、前記光偏向器と前記走査対象面との間に配置されかつ瞳面を前記光偏向器に略一致させると共に像面を前記走査対象面に略一致させた光学部材とを有した走査光学系において、前記光学部材が、屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質にて形成されたプリズム部材を含み、前記プリズム部材は、少なくともプリズム内の光束を反射する作用を持った反射面と、少なくともプリズムに光束を入射若しくは射出する作用を持った透過面とを有し、前記反射面と前記透過面の少なくとも一方の面は、偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称面にて形成されていることを特徴とするものである。

【0011】本発明のさらにもう1つの走査光学系は、少なくとも走査対象面上での1つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器と、前記光偏向器と前記走査対象面との間に配置されかつ瞳面を前記光偏向器に略一致させると共に像面を前記走査対象面に略一致させた光学部材とを有した走査光学系において、前記光学部材が、反射又は透過の光学作用を持った少なくとも3つの面とその3つの面に挟まれた屈折率(n)が1よりも大きい($n > 1$)媒質とを有するプリズム部材を含み、前記3つの面の中、少なくとも1つの面がプリズム内の光束を反射する作用を持った反射面にて形成されると共に、前記反射面と媒質を挟んで対向配置されている面が前記反射面との間に光路を折り畳む作用を持った折り返し光路を形成するように反射作用と透過作用とを併せて持ちように構成され、さらに、前記3つの面の中、少なくとも1面は偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有しない非回転対称面にて形成されていることを特徴とするものである。

【0012】以下に、本発明において上記のような構成をとる理由と作用について説明する。本発明の走査光学系を図1に例示する。図1において、走査光学素子4は、光軸21に対して偏心しており後記する(a)式で定義される非回転対称な非球面である自由曲面からなる

第1面11、第2面12、第3面13からなり、この3面11~13によって構成される空間が屈折率が1より大きい光学的に透明な媒質で満たされてなる偏心プリズムである。

【0013】実際の光線経路は、光源1から射出した光はコリメーター2によって略平行光となり、偏向器3に入射する。偏向器3は、図1の場合、等角速度運動している回転多面体であるポリゴンスキャナーであり、入射光はその回転する反射面によって偏向走査されて第1面11で屈折して走査光学素子4に入射する。走査光学素子4に入射した光は第2面12で内部反射し、その内部反射後に第3面13で屈折して走査光学素子4から射出し、走査面5上に集光して走査される。

【0014】以下の説明において用いる座標系について説明する。図1に示すように、走査中心を照射するときのポリゴンミラー反射位置を走査光学素子4の入射瞳20位置としている。入射瞳20中心を通り走査面5の中心に到達する軸上主光線が瞳20を射出し走査光学素子4の第1面11に交差するまでの直線によって定義される軸21をZ軸とし、このZ軸と直交し、かつ、走査光学素子4を構成する各面の偏心面内の軸をY軸と定義する。また、光軸21と直交し、かつ、Y軸と直交する軸をX軸とする。

【0015】本発明による走査光学系は、少なくとも正のパワーを有する反射面を用いることで、光学系の光路を折り曲げ、装置全体をコンパクトにし、また、正のパワーを有する反射面によって屈折系に比べて発生する収差を小さくすることができる。また、反射面を光軸に対して偏心させることで、偏向器と走査面の干渉を防ぎ、さらに面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称面とすることで偏心収差を良好に補正している。

【0016】さて、一般にカメラ等で用いられる球面レンズ系では、球面で発生する球面収差とコマ収差、像面湾曲等の収差を他の面で補正する構成になっている。そこで、構成する面に非球面を用いることによって、このレンズ系で発生する各種収差を少なくし、構成する面数を少なくすることが可能となる。これは非球面における収差補正の効果が絶大であるためであり、1面で球面数枚の収差補正効果が得られるためである。

【0017】一方、本発明の走査光学系のように光軸に対して傾いたあるいは偏心した面を用いた光学系においては、従来の回転対称非球面では補正できない偏心による収差が発生する。偏心により発生する収差は、コマ収差、非点収差、像歪み、像面湾曲等がある。

【0018】本発明は、光源から射出した光を照射面に照射する走査光学素子を、少なくとも2面で構成された偏心プリズムで構成し、上記した偏心による諸収差を同時にしかも良好に補正するために、非回転対称な面である自由曲面あるいはアナモルフィック面を使用している。

【0019】ここで、本発明の走査光学系において用いている自由曲面とは、例えば以下の式で定義されるもの

$$\begin{aligned}
 Z = & C_2 \\
 & + C_3 y + C_4 x \\
 & + C_5 y^2 + C_6 y x + C_7 x^2 \\
 & + C_8 y^3 + C_9 y^2 x + C_{10} y x^2 + C_{11} x^3 \\
 & + C_{12} y^4 + C_{13} y^3 x + C_{14} y^2 x^2 + C_{15} y x^3 + C_{16} x^4 \\
 & + C_{17} y^5 + C_{18} y^4 x + C_{19} y^3 x^2 + C_{20} y^2 x^3 + C_{21} y x^4 \\
 & + C_{22} x^5 \\
 & + C_{23} y^6 + C_{24} y^5 x + C_{25} y^4 x^2 + C_{26} y^3 x^3 + C_{27} y^2 x^4 \\
 & + C_{28} y x^5 + C_{29} x^6 \\
 & + C_{30} y^7 + C_{31} y^6 x + C_{32} y^5 x^2 + C_{33} y^4 x^3 + C_{34} y^3 x^4 \\
 & + C_{35} y^2 x^5 + C_{36} y x^6 + C_{37} x^7 \\
 & \dots \dots \dots (a)
 \end{aligned}$$

ただし、Zは面形状の原点に対する接平面からのずれ量、 C_m (m は2以上の整数)は係数である。

【0020】また、本発明の走査光学系においては、偏心した回転非対称面形状を有する反射作用面の少なくとも1面は、対称面を1つのみ有する面对称自由曲面を使用することが望ましい。上記式(a)で表される自由曲面は、一般的には、X-Z面、Y-Z面共に対称面を持つことはないが、本発明ではxの奇数次項を全て0にすることによって、Y-Z面(図1の面)と平行な対称面が1つだけ存在する自由曲面となる。例えば、上記定義式(a)においては、 $C_4, C_6, C_9, C_{11}, C_{13}, C_{15}, C_{18}, C_{20}, C_{22}, C_{24}, C_{26}, C_{28}, C_{31}, C_{33}, C_{35}, C_{37}, \dots$ の各項の係数を0にすることによって可能である。

【0021】また、yの奇数次項を全て0にすることによって、X-Z面と平行な対称面が1つだけ存在する自

$$\begin{aligned}
 Z = & (CX \cdot x^2 + CY \cdot y^2) / [1 + \{1 - (1 + K_x) CX^2 \cdot x^2 \\
 & - (1 + K_y) CY^2 \cdot y^2\}^{1/2}] \\
 & + \sum_{n=2} R_n \{ (1 - P_n) x^2 + (1 + P_n) y^2 \}^n \dots (b)
 \end{aligned}$$

ただし、Zは面形状の原点に対する接平面からのずれ量、CXはX軸方向曲率、CYはY軸方向曲率、 K_x はX軸方向円錐係数、 K_y はY軸方向円錐係数、 R_n は非

$$\begin{aligned}
 Z = & (CX \cdot x^2 + CY \cdot y^2) / [1 + \{1 - (1 + K_x) CX^2 \cdot x^2 \\
 & - (1 + K_y) CY^2 \cdot y^2\}^{1/2}] \\
 & + R_1 \{ (1 - P_1) x^2 + (1 + P_1) y^2 \}^2 \\
 & + R_2 \{ (1 - P_2) x^2 + (1 + P_2) y^2 \}^3 \\
 & + R_3 \{ (1 - P_3) x^2 + (1 + P_3) y^2 \}^4 \\
 & + R_4 \{ (1 - P_4) x^2 + (1 + P_4) y^2 \}^5 \dots (c)
 \end{aligned}$$

なお、後記する実施例の構成パラメータでは、

R_x : X軸方向曲率半径

R_y : Y軸方向曲率半径

を用いており、曲率CX、CYとの間には、

$R_x = 1/CX, R_y = 1/CY$

の関係にある。

である。その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

由曲面となる。例えば、上記定義式(a)においては、 $C_3, C_6, C_8, C_{10}, C_{13}, C_{15}, C_{17}, C_{19}, C_{21}, C_{24}, C_{26}, C_{28}, C_{30}, C_{32}, C_{34}, C_{36}, \dots$ の各項の係数を0にすることによって可能であり、また、以上のような対称面を持つことにより製作性を向上することが可能となる。

【0022】上記Y-Z面と平行な対称面、X-Z面と平行な対称面の何れか一方を対称面とすることにより、偏心により発生する回転非対称な収差を効果的に補正することが可能となる。上記定義式は、1つの例として示したものであり、他のいかなる定義式に対しても同じ効果が得られることは言うまでもない。

【0023】また、本発明の走査光学系において用いているアナモルフィック面とは、例えば以下の式で定義されるものである。その定義式のZ軸がアナモルフィック面の軸となる。

球面項回転対称成分、 P_n は非球面項回転非対称成分である。

【0024】例として、 $n=4$ (4次項)を考えると、

【0025】本発明の走査光学素子4は、少なくとも2面(図1に示した例においては3面)で形成された空間を屈折率が1よりも大きい(例えば、1.5)光学媒質で満たされているため、入射瞳20から射出した光は第1面11から走査光学素子4に入射する際にスネルの法則に従って屈折する。したがって、ある角度で射出した

光は第1面11において屈折されて走査光学素子4に入射されるため、光学系の主な正のパワーを有する第2面12あるいは第3面13に入射する光線高を低く設定することが可能となる。そのため、光学系をコンパクトに構成することと同時に、大きな開口数（NA）を実現することができる。

【0026】以下に、各面の働きについて説明する。

（入射面）本発明の走査光学系においては、透過面である第1面11を入射瞳20に対して凸面にすることが重要である。ポリゴンミラー3の反射位置である入射瞳20から射出した光線は、走査光学素子4である偏心プリズムの第1面11に屈折して入射する。この第1面11が凸面であれば正のパワーを有することになり、入射瞳20から大きな面角で射出した軸外光線が反射面である第2面12に入射する光線高を低く抑えることができる。したがって、広い面角を確保すると共に、小型軽量の光学系を実現することができる。さらに、光軸上の光束、あるいは、軸外光束の何れかの光束における従属光線も同様に第2面12における光線高を低く抑えることになり、光軸に対して偏心した反射面12で発生するコマ収差を良好に補正する効果が生じる。

【0027】（反射面）本発明の走査光学系において主な正のパワーを有するのは、凹面鏡の作用を有する図1（実施例1）における第2面12、又は、図4（実施例4）における第3面13である。この面は軸上主光線に対して偏心するか傾いて配備されているため、軸上においてもコマ収差が発生する。また、同様に偏心による非点収差、ディストーション等の収差も発生する。偏心によるコマ収差に対しては、第2面12を偏心した非球面とする、あるいは、偏心した非回転対称非球面とすることによって、Y-Z面内の非対称性を適切に設定され補正することが可能となる。また、軸上でも発生する非点隔差の補正には、非回転対称な非球面とすることで、Y-Z面内のパワーとY-Z面に直交する面であるX-Z面内のパワーを適切に変えて補正することが可能となる。さらに、偏心によるディストーションは反射面を上記の自由曲面（より具体的には、面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称な自由曲面）に設定することによって、第3面13における光線高の差により適切に面の傾きが設定され補正することが可能となる。

【0028】（射出面）また、第2面12を自由曲面（より具体的には、面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称な自由曲面）で構成することによって、偏心によるコマ収差の発生を抑えることができる。これは、第1面11で光線が屈折作用する場合に、軸上主光線に対して面を傾いて配置することで、偏心によるコマ収差

$$\gamma \leq 5^\circ$$

なる条件を満たすことが、高精細な書き込みを行う場合に重要である。上記条件の 5° を越えて偏向光の主光線傾角 γ が大きくなると、走査面の光軸方向のずれによっ

を補正することが可能となるためである。さらに、本発明において、第2面12（図4）は走査面5に面した面でもある。走査面5に近接した屈折面である第2面12を自由曲面にすることによって、像歪みの発生を補正することができる。これは、屈折面が走査面5に近接して配置されているために、他の収差を悪化させることなく像歪みを補正するのに良い結果を与えるためである。

【0029】図4に、本発明のもう1つの走査光学系を示す。ただし、図4では、走査光学素子4の入射瞳20近傍に配置される偏向器3であるポリゴンミラー、光源1、コリメーター2（図1）の図示は省かれ、走査光学素子4とその像面である走査面5のみが図示されている。

【0030】図4において、走査光学素子4は、光源1から射出した光が入射する面である第1面11、その第1面11に対向した反射作用と透過作用を有する面である第2面12、反射面である第3面13によって構成され、この3面11～13によって構成される空間が屈折率が1より大きい光学的に透明な媒質で満たされてなる偏心プリズムである。図4において、走査光学素子4を構成する各面の形状は、第1面11、第2面12、第3面13共に前記（a）式で表される回転非対称な非球面である自由曲面である。

【0031】実際の光線経路は、入射瞳20からの光は、走査光学素子4の入射面である第1面11から入射し、第2面12で内部反射する。この際、走査光が射出する領域Stにおける反射角は臨界角以上になるように設定されており、第2面12の領域Stで全反射することになる。一方、走査光が射出しない部分Coでは、臨界角より小さい反射角で反射する光も存在するため、その表面にはアルミニウム等の反射率の高いコーティングが施されている。第2面12で内部反射した後は第3面13において反射され、再び第2面12において屈折して走査光学素子4から射出し、走査面5を走査する。

【0032】また、本発明の走査光学系においては、後記の実施例4に示すように、テレセントリックな走査が可能である。したがって、レーザプリンタ等の書き込み用として用いた場合、例えば走査面である感光ドラムの振動によって走査位置が変化しても走査スポットの位置変動は略ゼロであり、高精細な描写が可能である。また、走査面上の画像を取り込む場合においても、同様に、取り込む画像と走査光学系との間に光軸方向のずれがあっても、走査スポットの位置変動は略ゼロとなり、高精細な画像の取り込みができる。

【0033】その場合、走査面の法線に対しての偏向光の主光線傾角を γ とした場合、

$$\dots (1-1)$$

で起こる走査スポットの位置変動が大きくなり、高精細の画像描画が困難になる。

【0034】さらに、

$$\gamma \leq 2^\circ$$

なる条件を満たすことが望ましい。

$$\gamma \leq 1^\circ$$

なる条件を満たすことがより望ましい。

【0036】ところで、後記する実施例4、5（図4、図5）の場合の走査光学素子4の射出面である第2面12は、光源から射出した光を第3面13側に内部反射させる反射作用と、第3面13で反射した後走査面5へ射出する透過作用とを有する。図4に示したC_o部においては、透過領域と反射領域が重ならないため、反射コーティングを施してもよい。したがって、その領域C_o

$$\theta \geq \sin^{-1}(1/n)$$

なる条件を満たしていることが重要となる。

【0038】上記のように設定することによって、光源から射出した光線が走査光学素子4における内部反射面と走査光学素子4から射出する射出面とが同一の面の第2面12にて構成することが、走査光学系の小型化、低コスト化、広画角化に有効に作用する。光源から射出した光線が走査光学素子4に入射した後、反射する反射面と、走査光学素子4から射出する射出面を1面で構成しているため、2つの面における作用を1面で行うことになる。そのため、光学系を構成する面数を削減することになり、製造コストを低くすることが可能である。

【0039】さらに、第2面12で反射と射出を同時に行うことによって、広い画角を達成し、偏心による収差の補正を有効に行うことが可能となる。一般に、凹面鏡に入射する光線の入射角が大きくなればなる程偏心によるコマ収差が大きく発生する。反射面と射出面を1面で構成することで、反射面と射出面を分離する必要がなくなるため、1回目の反射面である第2面12と2回目の反射面である第3面13のなす角度をあまり大きくする必要がなく、第2面12は射出面でもあるため、第3面13に近接して配置することができる。したがって、第3面13での反射角をあまり大きくすることがなくなり、第3面13における偏心収差、特にコマ収差の発生を低減することが可能となる。

【0040】また、第2面12は、走査面5に対して凹面であることが好ましい。入射瞳20から射出した光は、第2面12の一部において全反射をする必要がある。第2面12の形状が走査面5に対して凹面であれば、内部反射角を大きくとることができるため、全反射に有利に作用する。

【0041】さらに、第2面12は光軸に対して偏心したあるいは傾いた非球面であることが望ましい。図4に示すように、本発明の走査光学系においては、構成する各面が光軸に対して偏心あるいは傾いている。したがって、それぞれの面で偏心による収差が大きく発生するこ

$$Y_a = f_a \times \theta_a$$

なるf-θ特性を満足する必要がある、ガルバノミラーを用いる場合は、走査面5上の像高をY_bとし、ポリゴ

$$\dots (1-2)$$

【0035】また、さらに、

$$\dots (1-3)$$

における光の反射角に条件は必要ない。しかし、図4のS_t部においては、透過領域と反射領域が重なり合っているため、反射コーティングを施すことができない。したがって、この透過領域と反射領域が重なり合っている領域における内部反射は全反射とする必要があるため、反射角は臨界角以上が必要となる。

【0037】つまり、S_t部における光の反射角をθ、光学系の媒質の屈折率をnとした場合、

$$\dots (2)$$

とになる。この場合、第2面12をY-Z面内（図4の面内）において非対称なパワーを有するように設定することで、偏心による収差の補正に有利に作用する。

【0042】さらに、第2面12は光軸に対して偏心したあるいは傾いた非回転対称な非球面であることが望ましい。非回転対称な非球面によれば、Y-Z面内におけるパワーの非対称性をより適切に設定することが可能となる。したがって、偏心による収差の補正を一層良好に行うことが可能となる。

【0043】さらに好ましくは、光学部品製作性を考慮すると、非回転対称な非球面として用いる自由曲面の面数は必要最低限にすることが望ましい。そこで、走査光学素子4を構成する面の中で少なくとも1つの面を平面若しくは球面又は偏心した回転対称面にすることによって、製作性を上げることが可能となる。

【0044】そして、本発明の走査光学系においては、走査光学素子4を構成する面の形状を、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を1つのみ有する自由曲面としている。これは、例えば図1のように座標系をとった場合に、偏心して配置される面の偏心方向を含む面であるY-Z面が対称面となるような自由曲面とすることで、走査面5の像もそのY-Z面を対称面として両側で対称にすることができ、収差補正の労力が大幅に削減できるためである。

【0045】なお、本発明における反射作用を有する反射面には、全反射面、ミラーコート面、半透過反射面等の反射作用を有する全ての反射面が含まれる。

【0046】ところで、例えば図1のような配置の走査光学系において、偏向器3としては、等角速度運動をするポリゴンミラー又は正弦振動するガルバノミラーが用いられる。ポリゴンミラーを用いる場合は、走査面5上の像高をY_aとし、ポリゴンミラーによる偏向角をθ_aとすると、走査光学素子4の焦点距離をf_aとすると

$$\dots (3)$$

ンミラーによる偏向角をθ_bとし、走査光学素子4の焦点距離をf_bとすると、

$$Yb = fb \times \sin^{-1} \theta b$$

なる $f - \arcsin \theta$ 特性を満足する必要がある。

【0047】これらの場合、走査面5上の理想的な像高をY（上記Ya 又はYb）とし、偏向器3の偏向角を θ （上記 θa 又は θb ）とし、走査光学素子4の焦点距離

$$-10 < L < 10$$

なる条件を満たすことが望ましい。

$$-5 < L < 5$$

なる条件を満たすことが望ましい。

【0049】

【発明の実施の形態】以下に、まず、本発明の走査光学系の走査光学素子の実施例1～5について説明する。後述する各実施例の構成パラメータにおいては、図1に示すように、走査光学素子4の入射瞳20を光学系の原点として、光軸21を走査面5の走査中心と入射瞳20の中心（原点）とを通る光線で定義し、入射瞳20から光軸21に進む方向をZ軸方向、このZ軸に直交し入射瞳20中心を通り、光線が走査光学系4によって折り曲げられる面内の方向をY軸方向、Z軸、Y軸に直交し入射瞳20中心を通る方向をX軸方向とし、入射瞳20から走査光学素子4に向かう方向をZ軸の正方向、光軸21から第2面12による反射方向と反対方向をY軸の正方向、そして、これらZ軸、Y軸と右手系を構成する方向をX軸の正方向（紙面の表から裏へ向かう方向）とする。

【0050】そして、偏心が与えられている面については、その面の面頂位置の走査光学素子4の原点である入射瞳20の中心からのX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の偏心量と、その面の中心軸（自由曲面、アナモルフィック面については、それぞれ前記の（a）式、（c）式のZ軸）のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれ α 、 β 、 γ （°））とが与えられている。なお、その場合、 α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対しての反時計回りを、 γ の正はZ軸の正方向に対しての時計回りを意味する。その他、球面の曲率半径、媒質の屈折率、アッペ数が慣用法に従って与えられている。なお、面間隔については、意味を有しない。

【0051】また、自由曲面及びアナモルフィック面の形状は前記の（a）式、（c）式により与えられる。なお、データの記載されていない非球面に関する項は0である。屈折率については、d線（波長587.56nm）に対するものを表記してある。長さの単位はmmである。

【0052】実施例1の走査光学系の光軸21を含むY-Z断面図を図1に示す。また、実施例2～5の走査光学系の光軸21を含むY-Z断面図をそれぞれ図2～図5に示す。ただし、図2～図5では、走査光学素子4の入射瞳20近傍に配置される偏向器3であるポリゴンミラー（実施例3～5）あるいはガルバノミラー（実施例2）、光源1、コリメーター2（図1）の図示は省か

・・・（4）

をf（上記fa 又はfb）とし、各像高における実像高をY'とし、

$$L = \{ (Y' - Y) / Y \} \times 100$$

とした場合、

・・・（5-1）

【0048】さらに、

・・・（5-2）

れ、走査光学素子4とその像面である走査面5のみが図示されている。

【0053】実施例1～3の走査光学素子4の実際の光線経路は、入射瞳20に対向して偏心配置された透過面である第1面11を経て光学素子4に入射した入射瞳20からの光は、第2面12で反射し、透過面である第3面13を透過して光学素子4から射出して、走査面5上に偏向走査され結像する。そして、実施例1、2においては、第1面11、第2面12、第3面13共、前記式（a）で表される自由曲面からなり、実施例3においては、第1面11は球面、第2面12は前記式（c）で表されるアナモルフィック面、第3面13は平面からなる。

【0054】実施例4～5の走査光学素子4の実際の光線経路は、入射瞳20に対向して偏心配置された透過面である第1面11を経て光学素子4に入射した入射瞳20からの光は、第2面12で反射し、反射面である第3面13で反射をして再び第2面12に入射し、その面を透過して光学素子4から射出して、走査面5上に偏向走査され結像する。そして、実施例4においては、第1面11、第2面12、第3面13共、前記式（a）で表される自由曲面からなり、実施例5においては、第1面11は前記式（c）で表されるアナモルフィック面、第2面12、第3面13は前記式（a）で表される自由曲面からなる。

【0055】なお、これら実施例の走査光学系のテレセントリック性と $f - \theta$ 特性あるいは $f - \arcsin \theta$ 特性については、実施例1は非テレセントリックで $f - \theta$ 特性を有し、実施例2は非テレセントリックで $f - \arcsin \theta$ 特性を有し、実施例3は非テレセントリックで $f - \theta$ 特性を有し、実施例4はテレセントリックで $f - \theta$ 特性を有し、実施例5は非テレセントリックで $f - \theta$ 特性を有するものであり、実施例4においては、走査面5側の光線の主光線傾角は全フィールドにおいて1°以下である。

【0056】実施例1～5の走査角は、水平面角50°、垂直面角50°、瞳径は2mmである。また、設計における波長は780nmとしている。したがって、後記する光学性能評価（図6～図19）もその波長で行っている。

【0057】以下に、上記実施例1～5の構成パラメータを示す。

実施例 1

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
1	∞ (瞳)				
2	自由曲面[1]		偏心(1)	1.5254	56.2
3	自由曲面[2]		偏心(2)	1.5254	56.2
4	自由曲面[3]		偏心(3)		
像 面	∞		偏心(4)		
自由曲面[1]					
C_5	-4.8016×10^{-4}	C_7	8.6980×10^{-3}	C_8	1.2913×10^{-4}
C_{10}	4.9016×10^{-4}	C_{12}	5.2440×10^{-6}	C_{14}	2.0718×10^{-5}
C_{16}	-8.7250×10^{-6}	C_{17}	-5.7677×10^{-7}	C_{19}	-1.0466×10^{-6}
C_{21}	-1.2531×10^{-6}				
自由曲面[2]					
C_5	-2.1158×10^{-3}	C_7	1.0217×10^{-3}	C_8	1.7242×10^{-5}
C_{10}	7.8968×10^{-5}	C_{12}	2.1179×10^{-7}	C_{14}	5.4927×10^{-8}
C_{16}	-1.9478×10^{-6}	C_{17}	5.2871×10^{-9}	C_{19}	-1.7131×10^{-8}
C_{21}	-9.0602×10^{-8}				
自由曲面[3]					
C_5	8.2367×10^{-4}	C_7	1.2107×10^{-2}	C_8	5.7483×10^{-5}
C_{10}	-3.6856×10^{-5}	C_{12}	-8.9385×10^{-6}	C_{14}	-2.3857×10^{-5}
C_{16}	-5.4732×10^{-6}	C_{17}	1.0573×10^{-8}	C_{19}	-2.9250×10^{-7}
C_{21}	-8.1585×10^{-8}				
偏心(1)					
X	0.00	Y	3.96	Z	11.58
α	-8.87	β	0.00	γ	0.00
偏心(2)					
X	0.00	Y	8.55	Z	17.54
α	36.71	β	0.00	γ	0.00
偏心(3)					
X	0.00	Y	-8.89	Z	15.75
α	72.89	β	0.00	γ	0.00
偏心(4)					
X	0.00	Y	-57.58	Z	2.75
α	69.94	β	0.00	γ	0.00

【0058】

実施例 2

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
1	∞ (瞳)				
2	自由曲面[1]		偏心(1)	1.5254	56.2
3	自由曲面[2]		偏心(2)	1.5254	56.2
4	自由曲面[3]		偏心(3)		
像 面	∞		偏心(4)		
自由曲面[1]					
C_5	7.0640×10^{-3}	C_7	1.1622×10^{-2}	C_8	-1.7099×10^{-4}
C_{10}	-3.6911×10^{-4}	C_{12}	-9.5686×10^{-6}	C_{14}	1.4307×10^{-5}
C_{16}	-6.2808×10^{-6}	C_{17}	1.8902×10^{-7}	C_{19}	2.1324×10^{-7}
C_{21}	-9.7690×10^{-9}				
自由曲面[2]					
C_5	-2.0850×10^{-3}	C_7	1.6281×10^{-3}	C_8	-1.4776×10^{-6}
C_9	-5.4542×10^{-8}	C_{10}	1.0378×10^{-4}	C_{11}	6.4851×10^{-16}

C_{12}	-2.0248×10^{-7}	C_{13}	6.4465×10^{-16}	C_{14}	3.0770×10^{-6}
C_{15}	6.5567×10^{-16}	C_{16}	-6.4314×10^{-7}	C_{17}	-6.2432×10^{-9}
C_{18}	1.5995×10^{-15}	C_{19}	2.4451×10^{-8}	C_{20}	-2.2270×10^{-16}
C_{21}	-4.9969×10^{-8}	C_{22}	4.7328×10^{-16}		

自由曲面[3]

C_5	1.2827×10^{-3}	C_7	1.1672×10^{-2}	C_8	3.2122×10^{-4}
C_{10}	1.4157×10^{-4}	C_{12}	3.9063×10^{-6}	C_{14}	8.1477×10^{-8}
C_{16}	5.4968×10^{-7}	C_{17}	-1.9431×10^{-7}	C_{19}	-1.5782×10^{-7}
C_{21}	-1.0820×10^{-7}				

偏心(1)

X	0.00	Y	-9.59	Z	13.31
α	-9.51	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

X	0.00	Y	7.66	Z	21.11
α	45.95	β	0.00	γ	0.00

偏心(3)

X	0.00	Y	-15.45	Z	27.92
α	77.67	β	0.00	γ	0.00

偏心(4)

X	0.00	Y	-62.51	Z	35.89
α	103.09	β	0.00	γ	0.00

【0059】

実施例 3

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
1	∞ (瞳)				
2	37.06		偏心(1)	1.5254	56.2
3	アナモルフィック面		偏心(2)	1.5254	56.2
4	∞		偏心(3)		
像 面	∞		偏心(4)		

アナモルフィック面

R_x	-573.99				
R_y	-754.83				
K_x	0.0000				
K_y	0.0000				
R_1	4.8872×10^{-12}	R_2	1.8474×10^{-8}		
P_1	2.4417×10^2	P_2	-1.9898×10^{-1}		

偏心(1)

X	0.00	Y	0.43	Z	5.27
α	-8.18	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

X	0.00	Y	-3.62	Z	20.11
α	30.17	β	0.00	γ	0.00

偏心(3)

X	0.00	Y	-13.65	Z	23.68
α	69.77	β	0.00	γ	0.00

偏心(4)

X	0.00	Y	-42.39	Z	-4.98
α	62.16	β	0.00	γ	0.00

【0060】

実施例 4

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
1	∞ (瞳)				
2	自由曲面[1]		偏心(1)	1.4922	57.5
3	自由曲面[2]		偏心(2)	1.4922	57.5
4	自由曲面[3]		偏心(3)	1.4922	57.5
5	自由曲面[2]		偏心(2)		
像 面	∞		偏心(4)		

自由曲面[1]

C_5	1.3216×10^{-2}	C_7	1.0983×10^{-2}	C_8	1.8434×10^{-5}
C_{10}	-9.7410×10^{-5}	C_{12}	2.8685×10^{-6}	C_{14}	3.3720×10^{-7}
C_{16}	1.7210×10^{-7}				

自由曲面[2]

C_5	1.7556×10^{-3}	C_7	1.4101×10^{-3}	C_8	-2.1040×10^{-5}
C_{10}	1.0257×10^{-5}	C_{12}	5.8539×10^{-7}	C_{14}	1.2612×10^{-6}
C_{16}	1.0858×10^{-6}	C_{17}	-2.9119×10^{-9}	C_{19}	-5.8219×10^{-8}
C_{21}	-9.7945×10^{-8}				

自由曲面[3]

C_5	6.7166×10^{-4}	C_7	3.3358×10^{-3}	C_8	-1.3144×10^{-4}
C_{10}	-1.7089×10^{-4}	C_{12}	-1.9431×10^{-6}	C_{14}	-4.1346×10^{-6}
C_{16}	-1.4930×10^{-6}	C_{17}	-1.3440×10^{-8}	C_{19}	-3.1193×10^{-8}
C_{21}	-3.5606×10^{-8}				

偏心(1)

X	0.00	Y	3.14	Z	12.61
α	2.61	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

X	0.00	Y	-7.26	Z	38.60
α	47.74	β	0.00	γ	0.00

偏心(3)

X	0.00	Y	0.19	Z	-0.17
α	54.76	β	0.00	γ	0.00

偏心(4)

X	0.00	Y	9.86	Z	48.85
α	55.78	β	0.00	γ	0.00

【0061】

実施例 5

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
1	∞ (瞳)				
2	アナモルフィック面		偏心(1)	1.4922	57.5
3	自由曲面[1]		偏心(2)	1.4922	57.5
4	自由曲面[2]		偏心(3)	1.4922	57.5
5	自由曲面[1]		偏心(2)		
像 面	∞		偏心(4)		
アナモルフィック面					

R_x	51.22				
R_y	52.01				
K_x	0.0000				
K_y	0.0000				
R_1	5.7849×10^{-7}	R_2	5.5372×10^{-9}		
P_1	-1.2561	P_2	-3.0154×10^{-1}		
自由曲面[1]					

C_5	1.5917×10^{-3}	C_7	2.0371×10^{-3}	C_8	2.9993×10^{-5}
C_{10}	1.0611×10^{-4}	C_{12}	6.1126×10^{-7}	C_{14}	3.3450×10^{-6}
C_{16}	2.1509×10^{-6}	C_{17}	-2.7798×10^{-8}	C_{19}	-1.0444×10^{-7}
C_{21}	-1.4947×10^{-7}				

自由曲面[2]

C_5	1.6642×10^{-3}	C_7	5.6364×10^{-3}	C_8	-1.0328×10^{-4}
C_{10}	-1.3112×10^{-4}	C_{12}	-4.9940×10^{-7}	C_{14}	-6.1522×10^{-6}
C_{16}	-2.1597×10^{-6}	C_{17}	1.3701×10^{-8}	C_{19}	-2.4901×10^{-8}
C_{21}	-2.4620×10^{-8}				

偏心(1)

X	0.00	Y	12.25	Z	5.93
α	-8.61	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

X	0.00	Y	-9.46	Z	25.31
α	50.13	β	0.00	γ	0.00

偏心(3)

X	0.00	Y	1.52	Z	-3.06
α	54.76	β	0.00	γ	0.00

偏心(4)

X	0.00	Y	16.47	Z	53.58
α	37.94	β	0.00	γ	0.00

【0062】図6(a), (b)に実施例1の $f-\theta$ 特性を示す。図(a)にはX方向、図(b)にはY方向の $f-\theta$ 特性を示している。図7(a), (b)に実施例2の $f-\arcsin\theta$ 特性を示す。図(a)にはX方向、図(b)にはY方向の $f-\arcsin\theta$ 特性を示している。図8(a), (b)に実施例4の $f-\theta$ 特性を示す。図(a)にはX方向、図(b)にはY方向の $f-\theta$ 特性を示している。また、図9(a), (b)に実施例5の同様の $f-\theta$ 特性を示している。これらの図において、横軸は像高Y、縦軸は(5-1)で与えられるリニアリティLである。

【0063】また、図10に実施例1の像面湾曲を、図11に実施例2の像面湾曲を、図12に実施例4の像面湾曲を、図13に実施例5の像面湾曲をそれぞれ示す。これらの図において、横軸は像高Y、縦軸はフォーカス位置であり、□点を結ぶ曲線はY方向フォーカスを、◇点を結ぶ曲線はX方向フォーカスを示している。

【0064】また、図14～図16に実施例1の横収差を、図17～図19に実施例4の横収差を示す。これらの横収差図において、括弧内に示された数字は(X方向画角, Y方向画角)を表し、その画角における横収差を示す。

【0065】以上の実施例の本発明による走査光学系においては、走査光学素子4を構成する面の形状を、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を1つのみ有する自由曲面としているものがある(実施例1、2、4、5)。これは、例えば図1のように座標系をとった場合に、偏心して配置される面の偏心方向を含む面であるY-Z面が対称面となるような自由曲面と

することで、結像面5の像もそのY-Z面が対称面として両側で対称にすることができ、収差補正の労力が大幅に削減できるためである。

【0066】次に、図20に、本発明の走査光学系をレーザビームプリンタ(LBP)に適用した場合の構成図を示す。不図示の光源1から射出しコリメーター2によって略平行光となったコリメート光(図1参照)は、偏向器3であるポリゴンスキャナーに入射し、その反射面で偏向された光線は走査光学素子4によって走査面5に位置する感光ドラム上に集光されて走査する。走査面5に2次元画像を書き込む場合には、例えば、上記した構成において、コリメート光が偏向器3であるポリゴンスキャナーに入射する前に、ポリゴンスキャナーの偏向面に直交する面内に偏向させる第2の偏向器(例えば、振動ミラー)を配備することで可能となる。なお、この例において、走査光学素子4は、例えば図4のような像側テレセントリックな光学系であり、第1面11は球面、反射作用と透過作用を有する面である第2面12及び反射面である第3面13は自由曲面からなり、偏向器3による偏向角は約70°である。

【0067】図21に読み込み装置(例えば、スキャナー)に本発明の走査光学系を適用した場合の構成図を示す。取り込む画像の走査線51に沿う位置から射出した光は、例えば図5のような走査光学素子4によって取り込まれ、ポリゴンスキャナー3で偏向されて1方向に進行する略平行光となる。その光は集光する作用を有する集光光学系52によって光検出器53に導かれて画像が映像信号として取り込まれる。

【0068】図22に2次元画像に対応した場合の構成

図を示す。2次元画像50を2次元走査して取り込む場合には、図21の構成で、ポリゴンスキャナ3に入射した後、ポリゴンスキャナ3の偏向面に直交する面内に偏向させる第2の偏向器であるガルバノメータスキャナ31を追加配置すればよい。

【0069】次に、本発明の走査光学系を画像表示装置に適用した場合の1例の構成図を図23に示す。外部からの映像信号に従ってコントローラによって変調された光を射出する光源として、3原色R、G、B（赤、緑、青）のレーザあるいはLED1R、1G、1B等を配置する。3原色の光源1R、1G、1Bからの光はコリメーター（図示せず）によって略平行光となり、2枚のハーフミラー7によって同軸にアライメントされて1本の光ビームとなり、この光ビームはX方向に偏向する第1偏向器（図示せず。図22参照）によって偏向され、第2偏向器3のポリゴンミラーによってY方向に偏向されて走査光学素子4の第1面11から入射する。走査光学素子4に入射した光は第2面12で内部反射し、第3面13で反射して、今度は第2面12で屈折して射出し、中間像位置40に観察されるべき1次像である中間像を形成する。この像を接眼光学系6によって観察者の瞳41を経て網膜上に結像させることで、拡大した虚像を観察することができる。ここで、図23に示した接眼光学系6としては、本出願人が例えば特開平8-313829号で提案した3つの光学面61～63で囲まれた屈折率が1より大きい媒質からなる偏心光学系を用いており、中間像からの光束は、その第3面63からその偏心光学系内に入射させ、次に、その内部で第1面61で全反射させ、次いで、凹面鏡の第2面62で内部反射させ、今度は第1面61を経て偏心光学系外に射出させ、その中間像を観察者眼球に導くものである。

【0070】なお、図23の配置において、光源に1次元の広がりを持つもの、例えばLEDアレイを用いると、偏向するのが1方向のみでよいから、第1偏向器を省くことができ、上述した構成に比べてシンプルで小型にすることができる。なお、図23の中間像位置40に拡散板等の透過型スクリーンを配置してもよい。

【0071】また、図24に示すように、光源1を左右1つつ合計2つにし、偏向器3の2つの反射面に同時

にその2つの光源1からのコリメート光を入射させるようにすることで、1つの偏向器3によって観察者の両眼に画像を投影することができる。この場合は、コリメーター2、走査光学素子4、接眼光学系6がそれぞれ左右一対配置されている。

【0072】図25に図23に類似した画像表示装置の要部構成図を示す。ただし、光源1から第2偏向器3までは図23の場合と同様であるため、図示していない。走査光学素子4の入射瞳20位置にポリゴンミラーあるいはガルバノミラーからなる第2偏向器3が配置され、その偏向器3の反射面で偏向された光は、走査光学素子4の第1面11から入射し、第2面12で内部反射され、第3面13で反射されて、今度は第2面12で屈折して射出し、中間像位置40に観察されるべき1次像である中間像を形成する。この中間像は空中にでも光学媒質内にでも形成できるため、図25に示されるように、接眼光学系6の偏心光学系内に形成することが可能である。そのため、通常の表示素子を用いる場合、あるいは、図23のように空中に1次像を形成する場合に比べて、この例の場合、接眼光学系6の焦点距離を短くすることが可能となり、さらに広い画角を実現することができる。なお、この実施例の場合も、接眼光学系6としては、本出願人が例えば特開平8-313829号で提案した3つの光学面61～63で囲まれた屈折率が1より大きい媒質からなる偏心光学系を用いている。

【0073】図25の実施例において、走査光学素子4は例えば実施例4に示したものをを用いているため、その構成パラメータをここでは示さないが、以下に、接眼光学系6の構成パラメータを示す。ただし、その第3面63は平面であり、下記の構成パラメータ中では省いてある。次の構成パラメータ中、面番号は観察者瞳41位置から中間像面40までの逆光線追跡によって表してある。座標のとり方は図1～図5と同様であるが、観察者瞳41の中心を原点としている。この実施例では、接眼光学系6の媒質内に中間像を形成しているため、水平画角50°、垂直画角38.6°、射出瞳径4mmを達成している。

【0074】

＜接眼光学系の構成パラメータ＞

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッペ数
1	∞ (瞳)		偏心(1)		
2	自由曲面[1]		偏心(2)	1.4922	57.5
3	自由曲面[2]		偏心(3)	1.4922	57.5
4	自由曲面[1]		偏心(2)	1.4922	57.5
像面	∞		偏心(4)		
自由曲面[1]					
C5	4.7905×10^{-4}	C7	-1.1555×10^{-2}	C8	-5.5074×10^{-5}
C10	-3.2531×10^{-4}	C12	-2.6285×10^{-6}	C14	2.5769×10^{-6}
C16	4.2178×10^{-6}	C17	-8.2599×10^{-8}	C19	9.8187×10^{-8}

C21 1.6093×10^{-7}

自由曲面[2]

C5 -5.0708×10^{-3} C7 -8.6294×10^{-3} C8 -4.6135×10^{-5} C10 -4.9564×10^{-5} C12 9.0372×10^{-7} C14 1.1106×10^{-6} C16 -1.9738×10^{-7} C17 -2.1466×10^{-8} C19 -4.7149×10^{-8} C21 -1.3733×10^{-8}

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00

 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 5.90 Z 48.09

 α 2.60 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y -8.27 Z 64.68

 α -23.98 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y 27.84 Z 57.55

 α 44.24 β 0.00 γ 0.00

【0075】なお、図25の画像表示装置は、中間像（実像）を形成するものならば、走査光学系以外のどのような形態のものでも同様の効果が得られることは言うまでもない。例えば、原画像として液晶表示素子を用い、リレー光学系によって中間像を形成し、その中間像を接眼光学系6によって観察者眼球に投影する画像表示装置においても、この中間像を接眼光学系6の光学媒質内に形成するようにすることで同様の効果が得られる。

【0076】以上の本発明の走査光学系、走査光学装置及びそれを用いた画像表示装置は、例えば次のように構成することができる。

〔1〕 少なくとも走査対象面上での1つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器と、前記光偏向器と前記走査対象面との間に配置されかつ瞳面を前記光偏向器に略一致させると共に像面を前記走査対象面に略一致させた光学部材とを有した走査光学系において、前記光学部材が、光束に正のパワーを与える少なくとも1つの反射面を含み、その反射面は偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称面にて形成されていることを特徴とする走査光学系。

【0077】〔2〕 少なくとも走査対象面上での1つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器と、前記光偏向器と前記走査対象面との間に配置されかつ瞳面を前記光偏向器に略一致させると共に像面を前記走査対象面に略一致させた光学部材とを有した走査光学系において、前記光学部材が、屈折率（ n ）が1よりも大きい（ $n > 1$ ）媒質にて形成されたプリズム部材を含み、前記プリズム部材は、少なくともプリズム内の光束を反射する作用を持った反射面と、少なくともプリズムに光束を入射若しくは射出する作用を持った透過面とを有し、前記反射面と前記透過面の少なくとも一方の面

は、偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有さない非回転対称面にて形成されていることを特徴とする走査光学系。

【0078】〔3〕 少なくとも走査対象面上での1つの走査方向に沿って光を偏向させる作用を持った光偏向器と、前記光偏向器と前記走査対象面との間に配置されかつ瞳面を前記光偏向器に略一致させると共に像面を前記走査対象面に略一致させた光学部材とを有した走査光学系において、前記光学部材が、反射又は透過の光学作用を持った少なくとも3つの面とその3つの面に挟まれた屈折率（ n ）が1よりも大きい（ $n > 1$ ）媒質とを有するプリズム部材を含み、前記3つの面の中、少なくとも1つの面がプリズム内の光束を反射する作用を持った反射面にて形成されると共に、前記反射面と媒質を挟んで対向配置されている面が前記反射面との間に光路を折り畳む作用を持った折り返し光路を形成するように反射作用と透過作用とを併せて持たないように構成され、さらに、前記3つの面の中、少なくとも1面は偏心収差を補正する作用を持った面内面外共に回転対称軸を有しない非回転対称面にて形成されていることを特徴とする走査光学系。

【0079】〔4〕 上記〔3〕において、前記走査光学系は、前記走査対象面側の光線が略テレセントリックとなるように構成されていることを特徴とする走査光学系。

【0080】〔5〕 上記〔1〕から〔4〕の何れか1項において、前記非回転対称面は、対称面が2つ存在するアナモルフィック面にて形成されていることを特徴とする走査光学系。

【0081】〔6〕 上記〔1〕から〔4〕の何れか1項において、前記非回転対称面は、対称面が1つのみ存在する自由曲面にて形成されていることを特徴とする走

査光学系。

【0082】〔7〕 上記〔1〕から〔6〕の何れか1項において、前記光学部材は、前記偏向器によって光束が偏向される方向におけるパワーと、その方向と垂直な方向におけるパワーとが異なるように構成されていることを特徴とする走査光学系。

【0083】〔8〕 上記〔3〕又は〔4〕において、前記プリズム部材が、少なくとも透過面、透過作用と反射作用を併せ持つ面、反射面の3面から構成され、プリズム内部の光路が、前記透過面側から追跡して、前記透過面を透過し、前記透過作用と反射作用を併せ持つ面にて反射され、前記反射面にて反射された後、前記透過作用と反射作用を併せ持つ面を透過するように、前記3つの面が配置されていることを特徴とする走査光学系。

$$Y_a = f_a \times \theta_a$$

なる関係を満足することを特徴とする走査光学系。

【0087】〔12〕 上記〔1〕から〔10〕の何れか1項において、前記走査対象面上の像高を Y_b とし、

$$Y_b = f_b \times \sin^{-1} \theta_b$$

なる関係を満足することを特徴とする走査光学系。

【0088】〔13〕 上記〔1〕から〔12〕の何れか1項において、前記走査対象面上の像高を Y とし、前

$$-1.0 < L < 1.0$$

なる条件を満たすことを特徴とする走査光学系。

$$-5 < L < 5$$

なる条件を満たすことを特徴とする走査光学系。

【0090】〔15〕 上記〔1〕から〔14〕の何れか1項において、前記走査対象面は1次元であることを特徴とする走査光学系。

【0091】〔16〕 上記〔1〕から〔14〕の何れ

$$\gamma \leq 5^\circ$$

なる条件を満たすことを特徴とする走査光学系。

$$\gamma \leq 2^\circ$$

なる条件を満たすことを特徴とする走査光学系。

$$\gamma \leq 1^\circ$$

なる条件を満たすことを特徴とする走査光学系。

【0095】〔20〕 光源から射出した光が偏向器によって偏向され、走査光学系を介して走査面に照射される走査光学装置において、前記走査光学系は、少なくとも1方向に光を偏向する偏向器と前記光を走査させる走査面との間に配置され、少なくとも2面で構成され、その少なくとも2面で形成された空間を屈折率が1より大きい媒質によって満たされており、少なくとも1面は反射面であり、前記の少なくとも2面の中、少なくとも1面は光軸に対して偏心した非球面であることを特徴とする走査光学装置。

【0096】〔21〕 上記〔20〕において、前記走査光学系は、少なくとも1方向に光を偏向する偏向器と前記光を走査させる走査面との間に配置され、少なくとも3面で構成され、その少なくとも3面で形成された空

【0084】〔9〕 上記〔3〕、〔4〕又は〔8〕において、前記透過作用と反射作用を併せ持つ面は、プリズム内の光束の少なくとも一部を全反射させるように構成することによって、反射作用と透過作用とを形成していることを特徴とする走査光学系。

【0085】〔10〕 上記〔1〕から〔9〕の何れか1項において、前記プリズム部材の光学作用面の中、前記偏向器に最も隣接した面が、正のパワーを有する面にて形成されていることを特徴とする走査光学系。

【0086】〔11〕 上記〔1〕から〔10〕の何れか1項において、前記走査対象面上の像高を Y_a とし、前記偏向器の偏向角を θ_a とし、前記光学部材の焦点距離を f_a とすると、

$$\dots (3)$$

前記偏向器の偏向角を θ_b とし、前記光学部材の焦点距離を f_b とすると、

$$\dots (4)$$

記偏向器の偏向角を θ とし、前記光学部材の焦点距離を f とし、各像高における実像高を Y' とし、 $L = \{(Y' - Y) / Y\} \times 100$ とした場合、

$$\dots (5-1)$$

【0089】〔14〕 上記〔12〕において、

$$\dots (5-2)$$

か1項において、前記走査対象面は2次元であることを特徴とする走査光学系。

【0092】〔17〕 上記〔3〕から〔16〕の何れか1項において、前記走査対象面の法線に対しての偏向光の主光線傾角を γ とした場合、

$$\dots (1-1)$$

【0093】〔18〕 上記〔17〕において、

$$\dots (1-2)$$

【0094】〔19〕 上記〔18〕において、

$$\dots (1-3)$$

間を屈折率が1より大きい媒質によって満たされており、1面は反射面であり、他の1面は反射作用と透過作用とを有する面であり、前記の少なくとも3面の中、少なくとも1面は光軸に対して偏心した非球面であることを特徴とする走査光学装置。

【0097】〔22〕 上記〔20〕又は〔21〕において、前記の少なくとも1面は回転非対称な非球面であることを特徴とする走査光学装置。

【0098】〔23〕 上記〔20〕又は〔21〕において、前記の少なくとも1面は自由曲面であることを特徴とする走査光学装置。

【0099】〔24〕 上記〔20〕から〔23〕の何れか1項において、前記光源はレーザであることを特徴とする走査光学装置。

【0100】〔25〕 上記〔20〕から〔24〕の何

れか 1 項において、前記偏向器に入射する光は、前記光源から発する光がコリメートされた平行光であることを特徴とする走査光学装置。

【0101】〔26〕 上記〔20〕から〔25〕の何れか 1 項において、前記偏向器に入射する光は、前記の面の偏心方向とそれに直交する方向において、前記光の大きさが異なることを特徴とする走査光学装置。

【0102】〔27〕 上記〔20〕から〔26〕の何れか 1 項において、前記偏向器は前記の面の偏心方向とそれに直交する方向の 2 次元に偏向させるものであることを特徴とする走査光学装置。

【0103】〔28〕 上記〔20〕から〔26〕の何れか 1 項において、前記偏向器に入射する光は、1 次元の発光素子列から射出されたものであることを特徴とする走査光学装置。

【0104】〔29〕 1 次元画像あるいは 2 次元画像から射出した光が走査光学系を介し偏向器によって偏向され、1 方向に進行する光ビームとなり光検出器に入射される走査光学装置において、前記走査光学系は、少なくとも 1 方向に光を偏向する偏向器と前記光を走査させる走査面との間に配置され、少なくとも 2 面で構成され、その少なくとも 2 面で形成された空間を屈折率が 1 より大きい媒質によって満たされており、少なくとも 1 面は反射面であり、前記の少なくとも 2 面の中、少なくとも 1 面は光軸に対して偏心した非球面であることを特徴とする走査光学装置。

【0105】〔30〕 上記〔29〕において、前記走査光学系は、少なくとも 1 方向に光を偏向する偏向器と前記光を走査させる走査面との間に配置され、少なくとも 3 面で構成され、その少なくとも 3 面で形成された空間を屈折率が 1 より大きい媒質によって満たされており、1 面は反射面であり、他の 1 面は反射作用と透過作用とを有する面であり、前記の少なくとも 3 面の中、少なくとも 1 面は光軸に対して偏心した非球面であることを特徴とする走査光学装置。

【0106】〔31〕 上記〔29〕又は〔30〕において、前記の少なくとも 1 面は回転非対称な非球面であることを特徴とする走査光学装置。

【0107】〔32〕 上記〔29〕又は〔30〕において、前記の少なくとも 1 面は自由曲面であることを特徴とする走査光学装置。

【0108】〔33〕 上記〔29〕から〔32〕の何れか 1 項において、前記偏向器は前記の面の偏心方向とそれに直交する方向の 2 次元に偏向させるものであることを特徴とする走査光学装置。

【0109】〔34〕 上記〔29〕から〔32〕の何れか 1 項において、前記偏向器に入射する光は、1 次元の発光素子列から射出されたものであることを特徴とする走査光学装置。

【0110】〔35〕 光源から射出した光が偏向器に

よって偏向され、走査光学系によって中間像を形成し、前記中間像を接眼光学系によって観察者眼球に虚像として拡大して投影する画像表示装置において、前記走査光学系は、少なくとも 1 方向に光を偏向する偏向器と前記光を走査させる走査面との間に配置され、少なくとも 2 面で構成され、その少なくとも 2 面で形成された空間を屈折率が 1 より大きい媒質によって満たされており、少なくとも 1 面は反射面であり、前記の少なくとも 2 面の中、少なくとも 1 面は光軸に対して偏心した非球面であることを特徴とする画像表示装置。

【0111】〔36〕 上記〔35〕において、前記走査光学系は、少なくとも 1 方向に光を偏向する偏向器と前記光を走査させる走査面との間に配置され、少なくとも 3 面で構成され、その少なくとも 3 面で形成された空間を屈折率が 1 より大きい媒質によって満たされており、1 面は反射面であり、他の 1 面は反射作用と透過作用とを有する面であり、前記の少なくとも 3 面の中、少なくとも 1 面は光軸に対して偏心した非球面であることを特徴とする画像表示装置。

【0112】〔37〕 上記〔35〕又は〔36〕において、前記の少なくとも 1 面は回転非対称な非球面であることを特徴とする画像表示装置。

【0113】〔38〕 上記〔35〕又は〔36〕において、前記の少なくとも 1 面は自由曲面であることを特徴とする画像表示装置。

【0114】〔39〕 上記〔35〕から〔38〕の何れか 1 項において、前記走査光学系の走査対象面側の光線が略テレセントリックとなるように構成されていることを特徴とする画像表示装置。

【0115】〔40〕 上記〔35〕から〔39〕の何れか 1 項において、前記走査光学系の少なくとも 1 面は、一部が反射し一部が透過する面であることを特徴とする画像表示装置。

【0116】〔41〕 上記〔35〕から〔40〕の何れか 1 項において、前記走査光学系の少なくとも 1 面は、少なくとも一部が全反射する面であることを特徴とする画像表示装置。

【0117】〔42〕 上記〔35〕から〔41〕の何れか 1 項において、前記偏向器によって偏向する光束は 2 つであり、前記 2 つの光束はそれぞれ前記走査光学系によって中間像を形成し、それぞれの中間像をそれぞれの接眼光学系によって観察者の左右の眼球に虚像として拡大投影することを特徴とする画像表示装置。

【0118】〔43〕 上記〔42〕において、前記偏向器に入射する光束は複数の偏向面を同時に照射することを特徴とする画像表示装置。

【0119】〔44〕 上記〔42〕又は〔43〕において、前記偏向器に入射する光束は 2 つに分割されていることを特徴とする画像表示装置。

【0120】〔45〕 光源から射出した光が偏向器に

よって偏向され走査光学系によって形成される中間像、あるいは、画像表示素子の画像をリレー光学系によって形成される中間像を接眼光学系によって観察者眼球に拡大した虚像として投影する画像表示装置において、前記中間像の少なくとも一部は前記接眼光学系の媒質内に形成されることを特徴とする画像表示装置。

【0121】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によると、1つの走査光学素子によって構成された走査光学系を用いながらも、非常に広い走査角を有し、偏向器の種類に関わらず走査面上では等速度運動する光ビームを形成することが可能であり、また、高精度な描画のために必要なテレセントリック性を達成することも可能であり、さらに、1次元走査のみではなく2次元の走査領域において上記特性を有し、さらに、結像性能の高い走査光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の走査光学系の光軸を含む断面図である。

【図2】本発明の実施例2の走査光学系の光軸を含む断面図である。

【図3】本発明の実施例3の走査光学系の光軸を含む断面図である。

【図4】本発明の実施例4の走査光学系の光軸を含む断面図である。

【図5】本発明の実施例6の走査光学系の光軸を含む断面図である。

【図6】実施例1の $f-\theta$ 特性を示す図である。

【図7】実施例2の $f-\arcsin\theta$ 特性を示す図である。

【図8】実施例4の $f-\theta$ 特性を示す図である。

【図9】実施例5の $f-\theta$ 特性を示す図である。

【図10】実施例1の像面湾曲を示す図である。

【図11】実施例2の像面湾曲を示す図である。

【図12】実施例4の像面湾曲を示す図である。

【図13】実施例5の像面湾曲を示す図である。

【図14】実施例1の横収差の一部を示す図である。

【図15】実施例1の横収差の他の一部を示す図である。

【図16】実施例1の横収差の残りの一部を示す図である。

【図17】実施例4の横収差の一部を示す図である。

【図18】実施例4の横収差の他の一部を示す図である。

【図19】実施例4の横収差の残りの一部を示す図である。

【図20】本発明の走査光学系をレーザービームプリンタに適用した場合の構成図である。

【図21】本発明の走査光学系を読み込み装置に適用した場合の構成図である。

【図22】本発明の走査光学系を2次元画像の読み込み装置に適用した場合の構成図である。

【図23】本発明の走査光学系を画像表示装置に適用した場合の1例の構成図である。

【図24】本発明の走査光学系を両眼観察可能な画像表示装置に適用した場合の構成図である。

【図25】本発明の走査光学系を画像表示装置に適用した場合の別の例の要部構成図である。

【符号の説明】

1…光源

1R, 1G, 1B…R, G, BレーザーあるいはLED

2…コリメーター

3…偏向器

4…走査光学素子

5…走査面

6…接眼光学系

7…ハーフミラー

11…第1面

12…第2面

13…第3面

20…入射瞳

21…光軸

31…ガルバノメータスキャナー

40…中間像位置

41…観察者瞳

51…走査線

52…集光光学系

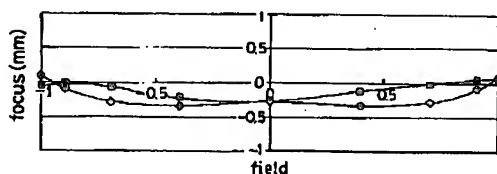
53…光検出器

61…接眼光学系の第1面

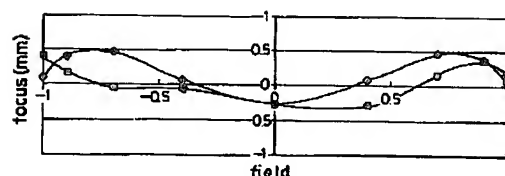
62…接眼光学系の第2面

63…接眼光学系の第3面

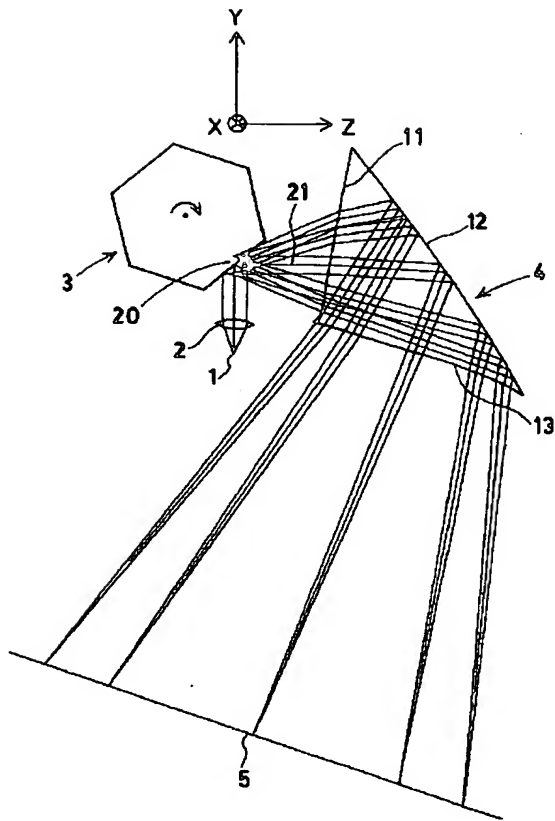
【図10】



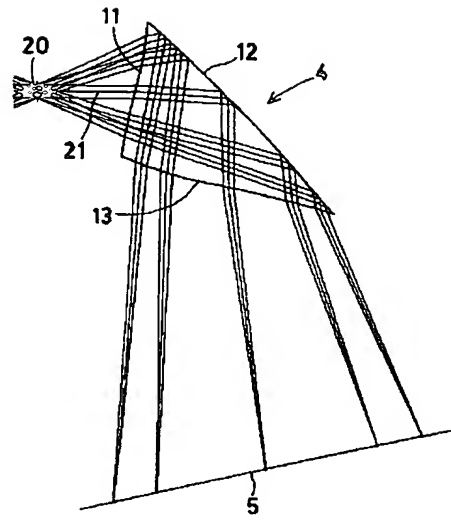
【図11】



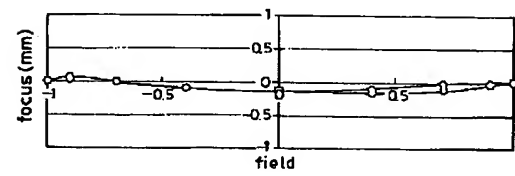
【図 1】



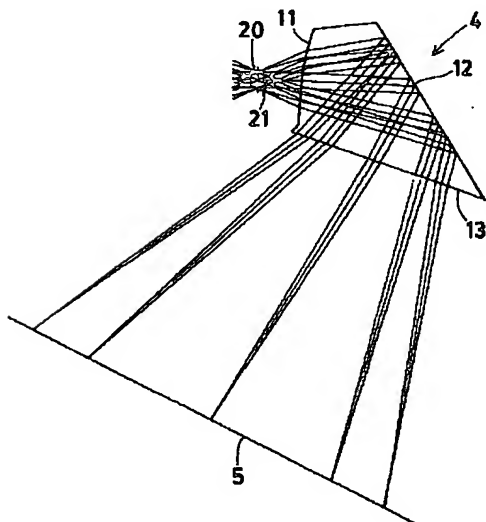
【図 2】



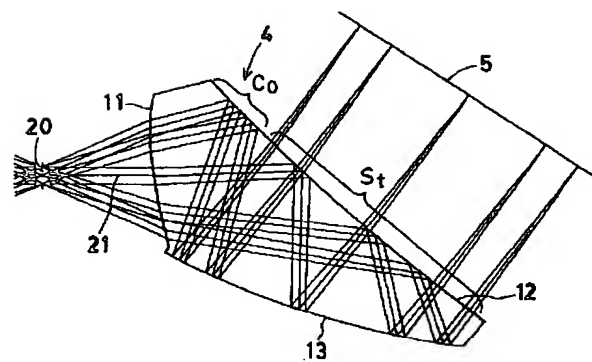
【図 1 2】



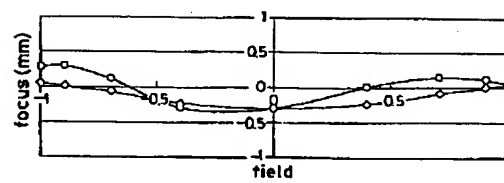
【図 3】



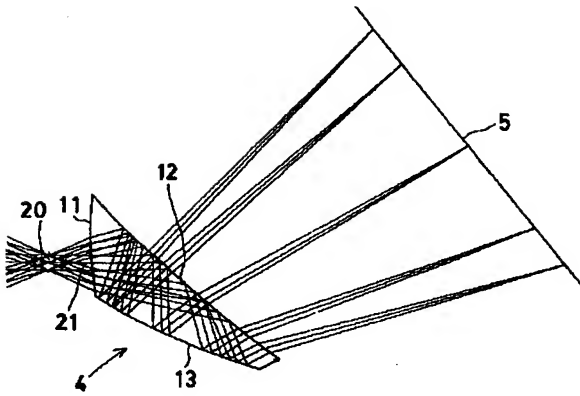
【図 4】



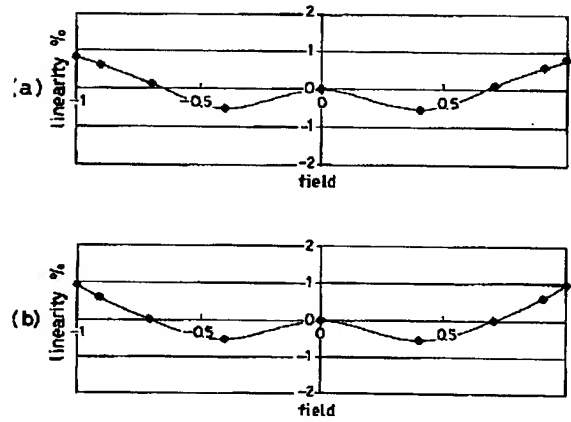
【図 1 3】



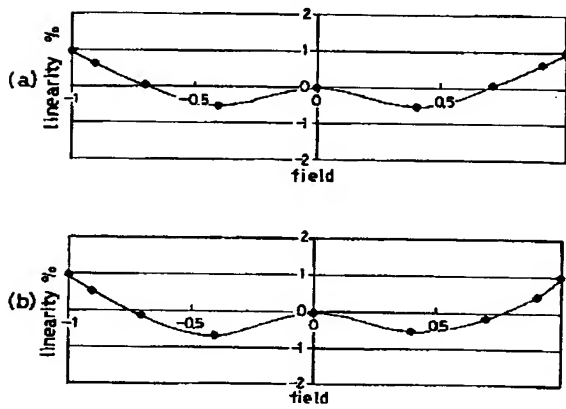
【図 5】



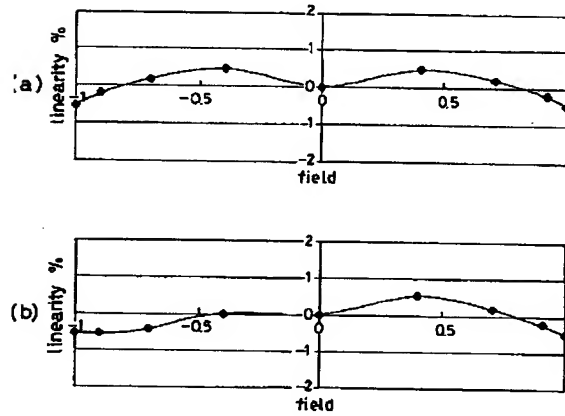
【図 6】



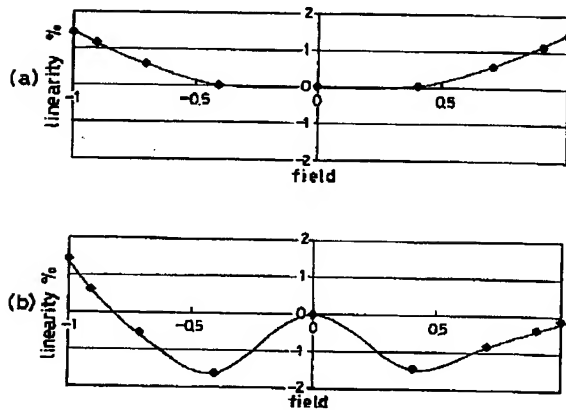
【図 7】



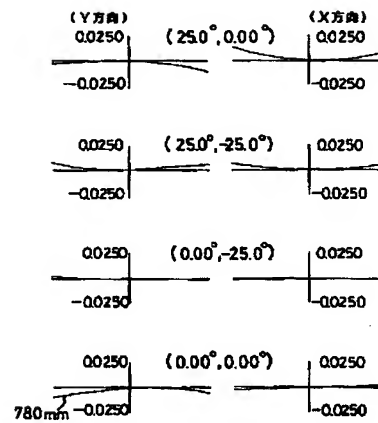
【図 8】



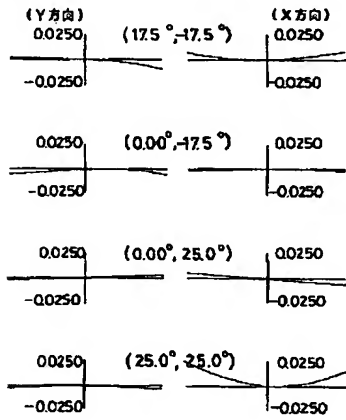
【図 9】



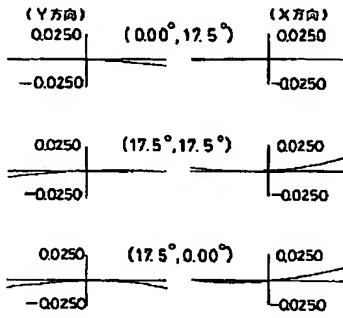
【図 1 4】



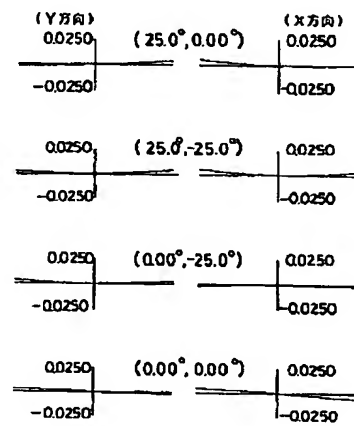
【図 15】



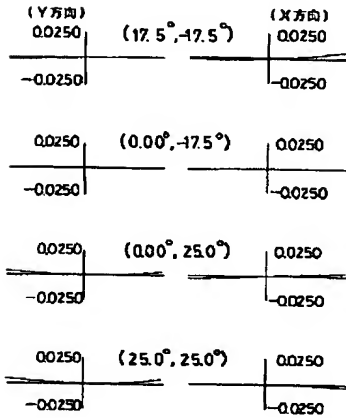
【図 16】



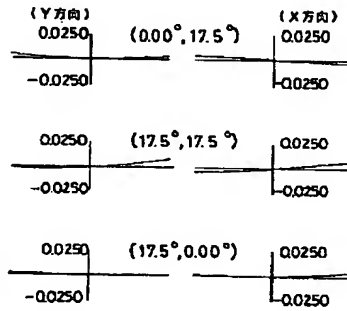
【図 17】



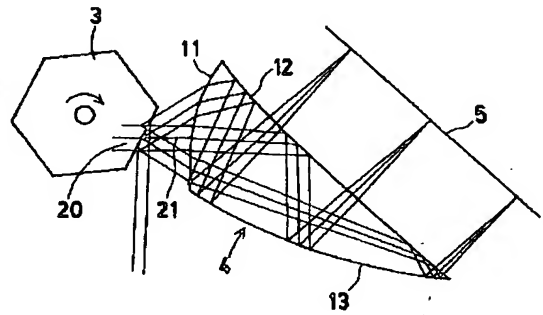
【図 18】



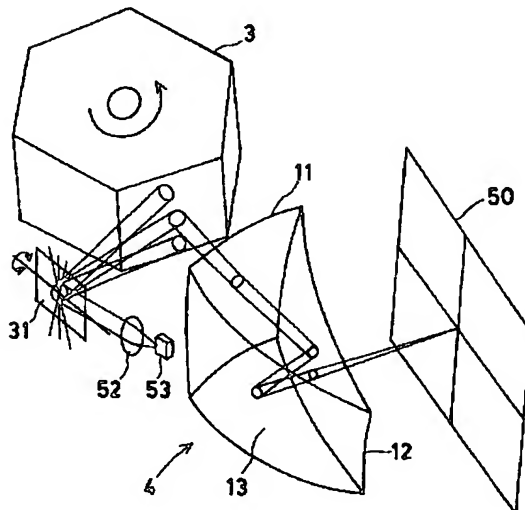
【図 19】



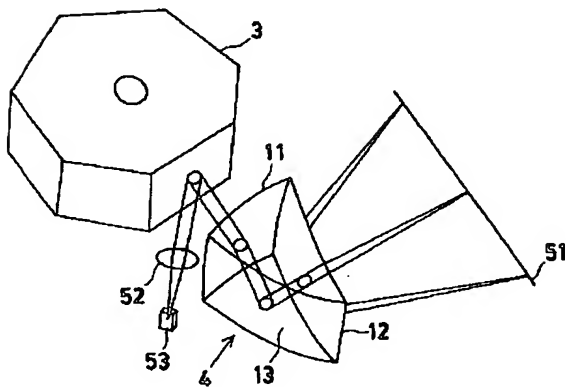
【図 20】



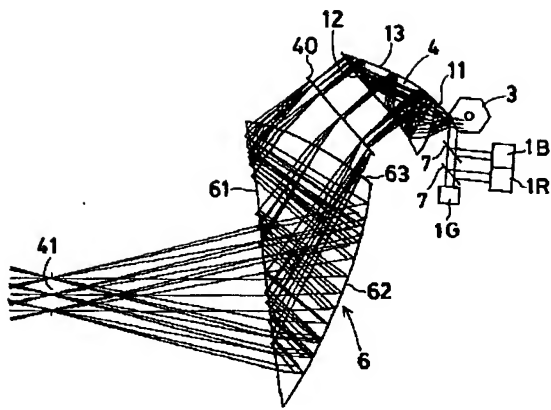
【図 22】



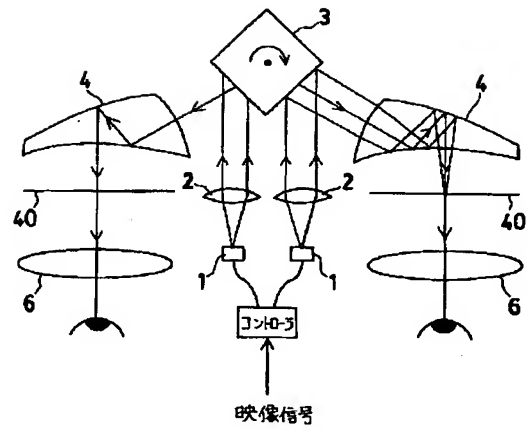
【図 21】



【図23】



【図24】



【図25】

